Rabenhorst, Walter

Die wanderung des kalkoxalats in der pflanze. 1898.



Die Wanderung des Kalkoxalats in der Pflanze.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Kgl. Bayr. Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

Vorgelegt von

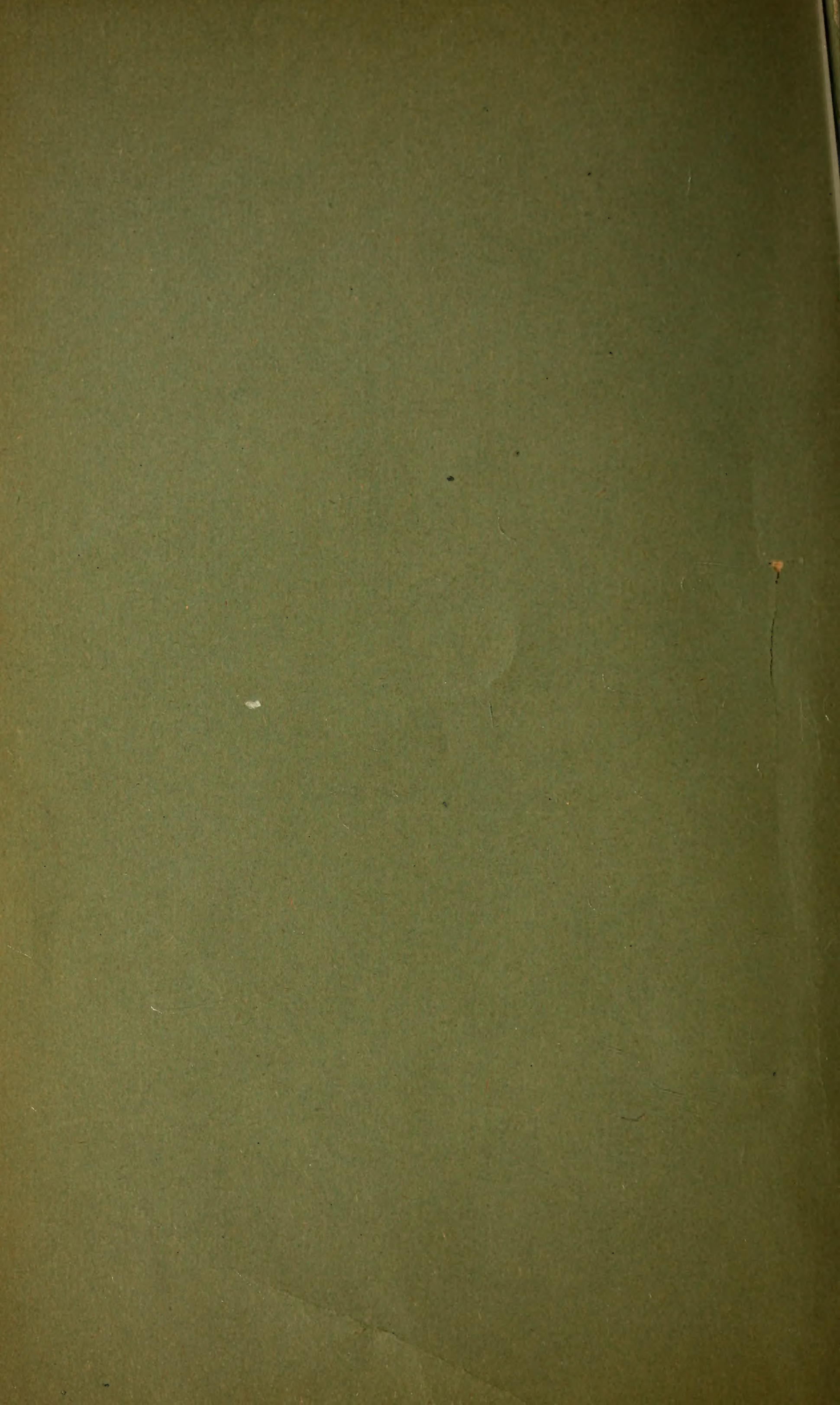
Walter Rabenhorst

aus Kottbus.

Tag der mündlichen Prüfung: 29. October 1897.

Siegen, 1898.

Druck von H. Grimm Nachf. (Th. Heppe).



Die Wanderung des Kalkoxalats in der Pflanze.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Kgl. Bayr. Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

Vorgelegt von

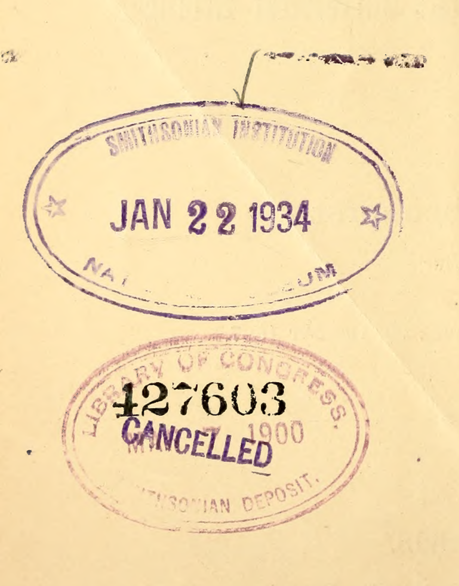
Walter Rabenhorst

aus Kottbus.

Tag der mündlichen Prüfung: 29. October 1897.

Siegen, 1898.

Druck von H. Grimm Nachf. (Th. Heppe).


SMITHSONIAN INSTITUTION
JAN 22 1934
LIBRARY OF CONGRESS.
127603
CANCELLED
1900
SMITHSONIAN DEPOSIT.

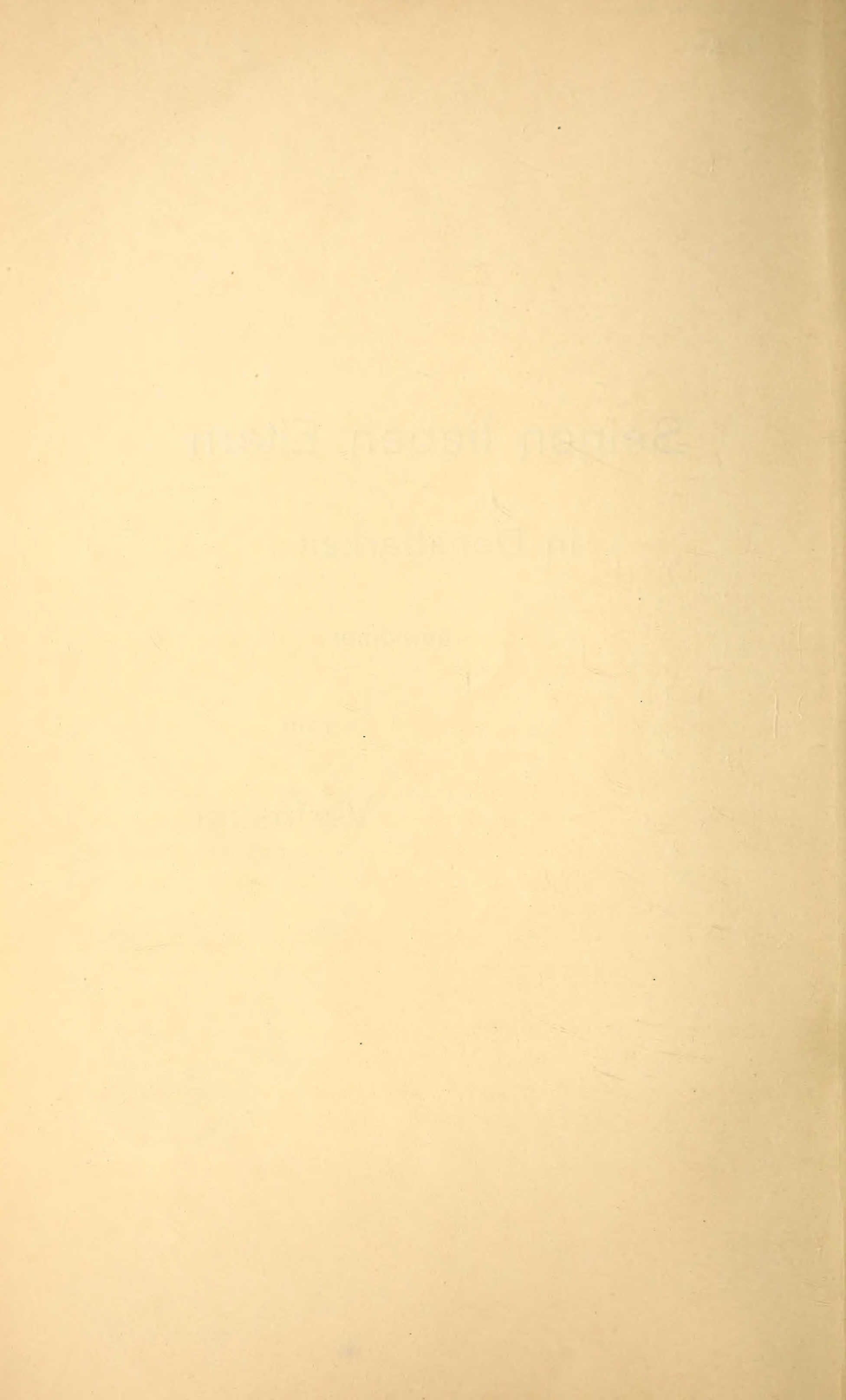
Seinen lieben Eltern

in Dankbarkeit

gewidmet

vom

Verfasser.



Das Kalkoxalat der Pflanzen, welches lange Zeit von den meisten Forschern als Auswurfsstoff bezeichnet wurde und auch heute noch in vielen Lehrbüchern als ein solcher genannt wird, hat zu vielfachen Untersuchungen und zu beinahe ebenso vielen Hypothesen Veranlassung gegeben. Die verschiedensten Gründe sind für die Entstehung und Ablagerung dieses Salzes angenommen worden. Auch diejenigen Forscher, welche gemeinschaftlich das Kalkoxalat als Auswurfsstoff bezeichnet haben, nehmen nicht immer denselben Zweck seiner Abscheidung an. — So schloss Holzner,[1]) dass die Natur für die Ausscheidung des Kalkes und der Oxalsäure als unlösliches Salz sorgt, nachdem beide Körper ihre Bestimmung erfüllt haben; der Kalk den Pflanzen Phosphorsäure zuzuführen, die Oxalsäure, ein Produkt der Proteïnstoffe, den phosphorsauren Kalk zu zersetzen.

H. de Vries[2]) betrachtet den oxalsauren Kalk als ein Mittel, um überschüssigen Kalk aus dem Pflanzensaft zu entfernen. Andere, wie z. B. Schleiden glauben dagegen, dass durch die Abscheidung von Kalkoxalat die giftige Oxalsäure unschädlich gemacht werden soll; in neuerer Zeit hat Schimper[3]) diese Ansicht vertreten.

Fassen wir zunächst einmal den Kalk in's Auge, so ist es eine feststehende Thatsache, dass die Pflanzen denselben im Allgemeinen als Nährstoff nicht entbehren können. Zahlreiche Forscher haben dies bestätigt und ist es auch ein Leichtes sich zu überzeugen, dass Pflanzen in kalkfreien Nährlösungen nicht gedeihen. Aber sehr schwer ist die Frage zu entscheiden, weshalb der Kalk für die Pflanze unentbehrlich ist.

---

[1]) „Ueber die physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes." Flora 1867.

[2]) „Ueber die Bedeutung der Kalkablagerungen in den Pflanzen." Landwirtschaftliche Jahrbücher Bd. X. 1881.

[3]) „Die organischen Kalksalze der Pflanze." Flora 1890.

Die Physiologen haben sich viel mit dieser Frage beschäftigt, doch ist sie noch nicht als gelöst zu betrachten.

Wird der Kalk wirklich zur Unschädlichmachung der Oxalsäure benutzt, so ist es immerhin nicht ausgeschlossen, dass ihm noch eine weitere wichtige Rolle im Pflanzenleben zuerteilt ist.

Böhm[1]) nahm an, dass der Kalk bei dem Transporte der Stärke aus den Reservekammern zu den natürlichen Verbrauchsstätten eine wichtige Rolle spielt. Derselbe liess es aber unentschieden, in welcher Weise der Kalk bei der Wanderung der Kohlehydrate beteiligt sein soll.

Schimper[2]) teilt nicht die Anschauung Böhm's, da auch Blätter, welche mit Stärke völlig vollgepfropft sind, bei Kalkmangel zu Grunde gehen, während entsprechende Stengelteile gesund bleiben.

Als weitere Thatsache, die gegen die von Böhm und Anderen vertretene Ansicht spricht, führt Schimper an, dass sich bei kalkfrei gezogenen Pflanzen nach dem Absterben der Endknospen neue Knospen entwickeln, und nach dem Zugrundegehen dieser, dasselbe sich häufig noch zweimal wiederholte. Endlich hat Schimper nachgewiesen, dass die Anhäufung der Stärke in kalkfrei gezogenen Blättern nicht durch die Wanderungsunfähigkeit der Assimilate bedingt wird. Der genannte Autor legte zu diesem Zwecke kalkfreie und normale Tradescantienblätter auf eine 2 % Cayennezuckerlösung, welche von beiden Blättern aufgenommen und in Glykose umgewandelt wurde.

Kohl[3]) versuchte die Frage mit Hülfe von Kalk-Kohlehydratverbindungen zu lösen, doch sind die Versuche von Kohl noch nicht beweisend, wie bereits Wehmer[4]) ausführte.

Hätte der in den Pflanzenzellen als Oxalat abgelagerte Kalk nur den Zweck die freie Oxalsäure, resp. die Alkalioxalate unschädlich zu machen, so müsste man annehmen, dass die

---

[1]) „Ueber vegetab. Nährwert der Kalksalze." 1875. Bd. LXXI der Sitzber. d. k. Akademie der Wissenschaften.

[2]) Flora 1890. pag. 248.

[3]) Botan. Centralblatt. XXXVIII. 1889. Nr. 2.

[4]) Botan. Zeitung 49. 1891 pag. 183.

Pflanze das Kalkoxalat, einen schwer löslichen und deshalb indifferenten Körper, als ein nicht mehr verwendbares Sekret an dem einmal gewählten Ablagerungsorte liegen lässt. Eine Ansicht, welche auch vielfach vertreten wurde.

Doch schon kurze Zeit nachdem die Physiologen überhaupt erst die Natur der krystallisirten Kalkablagerungen richtig erkannt hatten, — es war besonders Holzner,[1]) welcher durch eingehende Untersuchungen feststellte, dass die bis dahin für kohlensaure und schwefelsaure Kalksalze gehaltenen Krystalle aus oxalsauren Kalk bestehen, — versuchte Aé[2]) nachzuweisen, dass das Calciumoxalat eine nicht unbedeutende Rolle im Leben der Pflanzen spielt und eine Auflösung desselben in geringen Mengen stattfindet. Aé nahm an, dass es der Pflanze bei dieser Auflösung um die Oxalsäure zu thun sei, da sie den Kalk leicht aus dem Boden beziehen könnte.

Im Laufe der Jahre sind viele weitere Vorkommnisse,[3]) welche für die Beweglichkeit des Oxalats sprechen, bekannt gegeben worden, doch wurden manche auch bald als unrichtig erkannt. Andere Beobachtungen kamen so vereinzelt vor, dass sie für eine Beweglichkeit des Kalkoxalats im Grossen kaum in Betracht gezogen werden können. Die meisten diesbez. Untersuchungen stützten sich auf mikroskopische Befunde. Auch aus den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Kalkoxalats wurden Schlüsse auf eine Beweglichkeit des Salzes gezogen.

Schimper[4]) hielt das Kalkoxalat in den Laubblättern für beinahe ebenso beweglich, wie die Produkte der Assimilation; der Zweck seiner Wanderungen sei aber ein ganz anderer.

Zu diesem Schluss kam Schimper durch die Beobachtung der Laubblätter von Symphoricarpus racemosus, Alnus glutinosa

---

[1]) „Ueber die Krystalle in den Pflanzenzellen.“ Flora 1864.

[2]) „Ueber die physiologische Bedeutung des in den Pflanzen vorkommenden oxalsauren Kalkes.“ Flora 1869.

[3]) Unter Anderen: Frank: „Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik.“ Bd. 5. pag. 181. (1866/67.)
Sorauer: „Annalen der Landwirtschaft“. 1868. Bd. 52. p. 156.
de Vries: „Landwirtsch. Jahrbücher.“ 1878. Bd. 7. pag. 648.
Tschirsch: „Botan. Centralblatt.“ XXXI. 1887. pag. 224.

[4]) Botanische Zeitung 1888. Nr. 7. pag. 97.

und Crataegus Oxyacantha zu verschiedenen Zeiten des Jahres. Bei den beiden erstgenannten Gewächsen fand der genannte Forscher im Mai kleine Drusen überall im Mesophyll zerstreut, im Juli dagegen waren in älteren Blättern Drusen fast nur in den Krystallkammern der Nerven vorhanden, während junge Blätter dieselbe Erscheinung, wie im Mai zeigen. Aehnliche Verhältnisse fand er bei Crataegus. Bei panachirten Blättern hat derselbe eine Wanderung des Salzes aus den grünen Zellen in die chlorophyllfreien beobachtet.

Wehmer[1]) hat sich ebenfalls mit dem Verhalten des oxalsauren Kalkes in den Blättern der drei genannten Species beschäftigt und entgegen Schimper darzulegen versucht, dass diese Wanderung nicht oder doch nicht in erheblichem Masse stattfindet. — In einer später verfassten Arbeit begründet Schimper[2]) die Wanderung des Kalkoxalats in anderer Weise; er zieht den Schluss, dass Krystallisation einen gelössten Zustand voraussetzt; Löslichkeit bei einer krystallisirten Verbindnng selbstverständlich sei. Auf pag. 231 sagt er: „Eine Wanderung des Kalkoxalats muss stattfinden, da dasselbe sonst nicht in Krystallen, sondern als feinster amorpher Staub auftreten würde." Mit dieser Behauptung ist zweifelsohne zu viel gesagt, denn ein Versuch — Fällen einer Kalksalzlösung mit Alkalioxalat — beweisst, dass im Moment der Bildung von Kalkoxalat eine krystallinische Abscheidung stattfindet. Wehmer[3]) wies bereits darauf hin, dass das Kalkoxalat, wenn es nicht wanderungsfähig ist, doch nicht als amorpher Staub auftreten müsste. Dieser Ansicht Wehmer's schliesse ich mich vollständig an, doch ist das Kalkoxalat zweifellos auch in den Pflanzensäften löslich, wie die von Kraus[4]) angestellten Versuche mit organischen Säuren beweisen.

Kohl[5]) teilt mit, dass er in Algen und Phanerogamen gelösstes Calciumoxalat durch Eintrocknenlassen und Wasserentziehung mikroskopisch direkt nachgewiesen hat. An Schnitten

---

[1]) Botanische Zeitung 47. 1889.

[2]) Flora 1890.

[3]) Landwirtschaftliche Versuchsstationen. Bd. XL. p. 440.

[4]) Flora 1897. Heft I. pag. 69.

[5]) Botan. Centralblatt 1890. Nr. 50 pag. 343.

von Phanerogamen „unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmassregeln“, welche vom Verfasser leider nicht angegeben werden. Ohne Kenntnis derselben kann man aber kaum die Versuche als beweisend anerkennen. — Durch die Versuche von Kraus sind wir also berechtigt eine Lösung des Oxalats bis zu einem gewissen Grade in den Pflanzen vorauszusetzen und so ist es auch nur möglich das oft beobachtete Wachsen der Krystalle in den Zellen zu erklären.

Auch Warlich[1]) betonte, dass das Oxalat löslich sein muss, da das Wachstum eines Krystalls oder einer Krystallconcretion ohne Mutterlauge nicht denkbar ist. — Sehr schön konnte ich die Grössenzunahme einzelner Krystalle in den Blättern der zu meinen Versuchen verwendeten Populus- und Amorpha-Zweige beobachten. Die im Dunkeln getriebenen Zweige zeigten in den gelben Populusblättchen, bez. in den weissen Fiederblättchen der Amorpha nur unregelmässig im Blattgewebe zerstreute Drusen. Aber bereits wenige Tage nach der Belichtung sah ich an den mit concentrierter Chloralhydratlösung durchsichtig gemachten Blättchen kleine regelmässig ausgebildete Einzelkrystalle in den Krystallzellen der Nerven, welche im Laufe der folgenden Tage sowohl ihrer Zahl, wie ihrer Grösse nach, erheblich zunahmen. Gleichzeitig ein Beweis für die von Schimper[2]) und Anderen gemachte Beobachtung, dass belichtete Blätter grössere Krystalle und grössere Mengen Kalkoxalat enthalten, als Schattenblätter.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass das Kalkoxalat nicht vollständig unlöslich ist und dass eine Wiederauflösung des abgeschiedenen Salzes mehrfach stattfindet; doch bieten die bisher angeführten Beobachtungen keinen Anhalt für die Ausdehnung der Auflösung.

In einer Ende vorigen Jahres veröffentlichten und vorhin bereits erwähnten Arbeit „Ueber das Verhalten des Kalkoxalats beim Wachsen der Organe“ Flora Bd. 83, Heft 1. hat nun G. Kraus zum ersten Male durch die quantitative chemische Analyse den Beweis erbracht, dass das Kalkoxalat thatsächlich

---

[1]) Inaug.-Dissertation Marburg 1889: „Ueber Calciumoxalat in den Pflanzen.“

[2]) Botan. Zeitung 88, Seite 84.

in nicht unbeträchtlicher Menge in Wurzeln und Baumrinden im Frühjahr allmählich gelöst wird und daher nicht den Namen „Auswurfsstoff" verdient. Von Wurzeln untersuchte Kraus nur die von Rumex obtusifolius, von Rinden, bez. Zweigen die verschiedener einheimischer Bäume und Sträucher.

Die Abnahme des Oxalats betrug nach den Kraus'schen Bestimmungen 12—50%, bei Crataegus Oxyacantha sogar 59%. Bei Pyrus communis und Populus alba konnte Kraus keine Abnahme constatieren. Auf die Gattung Populus komme ich bei meinen Untersuchungen noch zurück.

Mit Bezugnahme auf letztgenannte Arbeit wurde mir von Herrn Professor Dr. Reess die Aufgabe gestellt, durch geeignete Versuche und Analysen die eben erwähnten Verhältnisse einer weiteren Prüfung zu unterziehen.

Die Arbeiten wurden im botanischen Institut der Universität Erlangen ausgeführt und sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Max Reess an dieser Stelle meinen Dank für die bereitwillige Unterstützung bei diesen Untersuchungen auszusprechen.

Auch bin ich Herrn Assistent Dr. K. Becker für freundlichst gegebene Belehrungen Dank schuldig.

Bevor ich auf die Versuche selbst eingehe, will ich noch mitteilen, in welcher Weise die quantitativen Bestimmungen ausgeführt wurden.

Kraus bestimmte in dem erhaltenen Calciumoxalat die Oxalsäure titrimetrisch; ich zog es vor das Calciumoxalat in Calciumoxyd überzuführen und als solches zur Wägung zu bringen, also gewichtsanalytisch zu verfahren. Kamen Wurzeln als Untersuchungsmaterial in Betracht, so wurden dieselben von allen Nebenwurzeln und anhaftenden Sand sorgfältig befreit, darauf ihr Volumen sofort bestimmt und nach dem Zerschneiden in kleine Stücke bei 100° bis zum constanten Gewicht getrocknet. Nach dem Trocknen wurde jede Wurzel in einer stets gut gereinigten kleinen Mühle zu grobem Pulver gemahlen. Die Zweige und die anderen untersuchten Pflanzenteile wurden entsprechend behandelt, nur war hier eine Reinigung in den meisten Fällen nicht notwendig, und ausserdem wurde nicht das Volumen, sondern das Gewicht der Zweige ermittelt; auch hier sofort

nach dem Einsammeln, um Gewichtsverluste zu vermeiden. Bei ruhenden winterlichen Zweigen entfernte ich die Knospen, bei Frühlings- und Sommerzweigen die Blätter, Blattstiele, Blüten und die eventuell ausgetriebenen Stengelteile. Die Zweige wurden immer genau gleich lang gewählt und bei grösseren verästelten Zweigen nahm ich auch auf die Verzweigung insofern Rücksicht, als ich möglichst ähnlich verästelte mit einander verglich; vollkommen gleich verästelte Zweige zu finden, ist natürlich unmöglich. Endlich will ich noch erwähnen, dass selbstverständlich nur Zweige derselben Bäume und Sträucher miteinander verglichen wurden und dass alle aus ungefähr gleicher Höhe stammten.

Die vorliegenden grob gepulverten Untersuchungsobjecte wurden nun, vollständig bei geringen Mengen, sonst ein bestimmter Teil derselben mit verdünnter Salzsäure digeriert und nach mehrstündiger Digestion bis zum Kochen erhitzt, der Auszug abfiltriert, der Rückstand mit salzsäurehaltigem Wasser nochmals ausgekocht und mit destilliertem Wasser sorgfältig ausgewaschen. Den so erhaltenen Auszug fällte ich mit Ammoniumacetat in der Hitze und nach dem Absetzen filtrierte ich den meist durch organische Substanz gefärbten Niederschlag ab. Das Filtrat wurde bei den ersten Analysen nicht weiter verwendet, bei späteren Untersuchungen bestimmte ich darin die anderen noch in Lösung gehaltenen Kalksalze. Zu diesem Zwecke wurde das Filtrat mit Ammoniumoxalat im Ueberschuss versetzt, wodurch ich einen zweiten Niederschlag von Calciumoxalat erzielte, welcher meist rein weiss war und nach dem Auswaschen und Trocknen mit Filter gleich verbrannt werden konnte. — Der erste durch Ammoniumacetat erhaltene Niederschlag musste dagegen nach dem Auswaschen in verdünnter Salzsäure wieder gelöst und nochmals durch essigsaures Ammon gefällt werden, um einen rein weissen Niederschlag zu erhalten; eventuell wurde das Verfahren nochmals wiederholt. — Das so erhaltene Calciumoxalat wurde in einem Platintiegel nach dem Verbrennen des Filters mitsammt der Filterasche anfangs schwach, dann aber bis zur beginnenden Weissglut erhitzt und nach dem Erkalten im Exsiccator als Calciumoxyd zur Wägung gebracht. Das Glühen und Wägen wurde solange

wiederholt, bis das Gewicht ein constantes war. Aus der gefundenen Menge Calciumoxyd berechnete ich sodann das Calciumoxalat mit 3 Molecülen Krystallwasser.

Noch habe ich zu erwähnen, dass ich einen grossen Teil der Bestimmungen doppelt ausführte, um die Genauigkeit der Methode zu erproben; die Resultate waren stets annähernd übereinstimmend, die Fehlergrenze daher eine enge. Endlich wurde bei einem Teil der doppelt ausgeführten Analyse das Calciumoxalat auf seine Identität, bez. auf seine Reinheit untersucht. Vorversuche hatten bereits ergeben, dass die in Betracht kommenden anderen organischen Kalksalze und der phosphorsaure Kalk bei dem Einhalten der eben beschriebenen Methode nicht mit gefällt werden; es sind dies die Salze der Weinsäure Traubensäure, Citronensäure, Aepfelsäure und der Phosphorsäure. Zu diesem Zwecke wurden verdünnte Lösungen dieser Salze mit Ammoniumacetat versetzt, wobei keine Fällung eintrat, auch sind die Salze direkt in verdünnter Essigsäure in den in Betracht kommenden Mengenverhältnissen löslich. Immerhin wäre es nicht vollständig ausgeschlossen, dass beim Fällen der Pflanzenauszüge eine teilweise Ausscheidung der Salze eintritt und deshalb untersuchte ich das erhaltene Oxalat auf seine Reinheit.

Zur Prüfung[1]) auf Phosphorsäure wurde ein Teil des Niederschlags in verdünnter Salpetersäure gelöst, mit salpeterraurer Ammoniummolybdatlösung im starken Ueberschuss versetzt und gelinde erwärmt; ein gelber körnig-krystallinischer Niederschlag hätte die Gegenwart von Phosphorsäure angezeigt.

Die Prüfung auf andere organische Säuren konnte summarisch vorgenommen werden, da die genannten sämmtlich die Eigenschaft haben, sich beim Erhitzen zu schwärzen. Auch hier konnte eine Verunreinigung mit anderen Salzen nicht constatirt werden.

Die ersten Versuche wurden in gleicher Weise und unter gleichen Bedingungen ausgeführt, wie sie Kraus vornahm. Dieser cultivierte Rumex-Wurzeln im Warmhaus einmal in

---

[1]) Vergl. Wehmer: „Entstehung und physiolog. Bedeutung der Oxalsäure im Stoffwechsel einiger Pilze." Bot. Zeitung. Bd. 49. pag. 274/275.

reinem kalkfreien Kies und zweitens in ebensolchem mit vielen Kalkstückchen versetzten Kiesboden. Die erste Cultur wurde mit destilliertem Wasser, die zweite mit kalkreichem Leitungswasser begossen. Als Material wählte ich erstens Rumex obtusifolius, um bei event. abweichenden Verhalten der anderen untersuchten Wurzeln den Beweis liefern zu können, dass der Grund der Abweichungen nicht in den Versuchsbedingungen zu suchen ist. Weitere gleichzeitige Versuche führte ich mit Iris germanica und Canna indica aus.

Zum Vergleich wurden Wurzeln von möglichst gleicher Länge und entsprechendem Volumen gewählt.

Die ausgetriebenen Teile waren bei den Exemplaren derselben Art nicht immer gleich weit entwickelt; manche zeigten beim Abbruch des Versuchs bereits die braunen Flecken auf den Blättern, welche sich bei Kalkhunger der Pflanzen bilden. Alle Blätter enthielten Oxalat, doch in weit geringeren Mengen als normale. Es erscheint dies auch bei den in Kalkboden gezogenen Pflanzen nicht wunderbar, da der Einfluss des Lichtes vollkommen fehlte.

Die tabellarische Uebersicht der Resultate der Rumexculturen zeigt, verglichen mit den Befunden von Kraus, keinen bemerkenswerten Unterschied.

Die Abnahme der Trockensubstanz und des Oxalats ist bei meinen kalkfrei gezogenen Wurzeln etwas geringer. Eine Abnahme des Trockengewichtes hat überall stattgefunden, dies war auch von vornherein anzunehmen. Kraus hat allerdings in der Kalkcultur zweimal keine Abnahme zu verzeichnen, doch ist dies wohl nur Zufall, denn die beiden anderen Wurzeln seines Versuchs zeigen sogar eine sehr bedeutende Abnahme.

Die beiden cultivierten monocotylen Rhizome zeigen im Allgemeinen dasselbe Verhalten, erstens eine grosse Abnahme der Trockensubstanz, bei Canna einmal bis über 70 %, und zweitens eine ebenfalls bedeutende Abnahme des Oxalats in den Kies-Culturen. Von den kalkreichen Culturen zeigt Iris eine Zunahme des Oxalats, Canna dagegen nicht oder doch nur in geringem Maasse. Hier ist wohl in Betracht zu ziehen, dass diese Pflanze überhaupt nur wenig Oxalat im Rhizom ablagert.

Rumex-Culturen.

A. Kies-Kultur.

Tabelle I.

Im Dunkeln getrieben vom **12.** Januar bis **1.** März **1897.**

	Zahl der Objecte	Länge in ctm.	Volumen in ccm.	Trocken-gewicht	Dasselbe in 1 ccm.	Abnahme der Trockensubst.	Calcium-oxalat	Dasselbe in 1 ccm.	Abnahme des Oxalats	
Versuch	2	10	21	7,30	0,347	12,60%	0,168	0,00800	14,24%	
Controlle	2	10	22	8,75	0,397		0,203	0,00922		Die Abnahme des Oxalats beträgt im
Versuch	1	13	58	18,45	0,318	14,98%	0,485	0,00836	16,40%	**Mittel 21,79 %.**
Controlle	1	12	52	19,46	0,374		0,520	0,01000		
Versuch	2	12	31	10,80	0,350	12,94%	0,236	0,00761	19,05%	
Controlle	2	11	27	10,87	0,402		0,254	0,00940		Die Abnahme der Trockensubstanzbeträgt
Versuch	1	8,5	16	4,70	0,293	41,25%	0,104	0,00650	37,50%	im **Mittel 20,44 %.**
Controlle	1	9	17	6,65	0,391		0,177	0,01040		

Rumex-Culturen.

B. Kalk-Cultur.

Tabelle II.

Im Dunkeln getrieben vom 12. Januar bis 1. März 1897.

	Zahl der Objecte	Länge in ctm.	Volumen in ccm.	Trocken-gewicht	Dasselbe in 1 ccm.	Abnahme der Trocken-substanz	Calcium-oxalat	Dasselbe in 1 ccm.	Zunahme des Oxalats	
Versuch	1	12	12	3,65	0,304	19,79%	0,123	0,0102	4,08%	
Controlle	1	12	10	3,79	0,379		0,098	0,0098		Die Zunahme des Oxalats beträgt im **Mittel 22,44%**.
Versuch	1	10	30	9,50	0,317	18,72%	0,441	0,0147	41,34%	
Controlle	1	11	28	10,90	0,390		0,292	0,0104		
Versuch	1	10	12	3,69	0,307	17,48%	0,149	0,0124	29,07%	
Controlle	1	9	10	3,72	0,372		0,096	0,0096		
Versuch	1	11	20	6,90	0,345	9,3%	0,223	0,0111	9,90%	Die Abnahme der Trockensubstanz beträgt im **Mittel 15,61%**.
Controlle	1	11	20	7,60	0,380		0,202	0,0101		
Versuch	1	10	21	7,20	0,342	12,79%	0,290	0,0138	27,77%	
Controlle	1	11	19	7,45	0,392		0,205	0,0108		

Canna-Culturen.

A. Kies-Cultur.

Tabelle III.

Im Dunkeln getrieben vom 12. Januar bis 10. März 1897.

	Zahl der Objecte	Länge in ctm.	Volumen in ccm.	Trocken-gewicht	Dasselbe in 1 ccm.	Abnahme der Trockensubst.	Calcium-Oxalat	Dasselbe in 1 ccm.	Abnahme des Oxalats	
Versuch	1	8	35,5	3,16	0,089	64,26%	0,0439	0,00123	20,65%	
Controlle	1	8	36,0	8,98	0,249		0,0559	0,00155		Die Abnahme des Oxalats beträgt im **Mittel 31,29%**
Versuch	1	5	77,0	7,50	0,097	54,25%	0,0845	0,00110	31,25%	
Controlle	1	6	70,0	14,86	0,212		0,1120	0,00160		
Versuch	1	7	40,0	3,45	0,086	58,85%	0,0396	0,00100	34,22%	
Controlle	1	7	37,0	7,75	0,209		0,0563	0,00152		
Versuch	1	7	75,0	7,80	0,104	49,76%	0,0770	0,00102	29,66%	Die Abnahme der Trockensubstanz beträgt im **Mittel 60,12%**
Controlle	1	8	73,0	15,12	0,207		0,1060	0,00145		
Versuch	1	6	33,0	2,02	0,061	73,48%	0,0286	0,00087	40,41%	
Controlle	1	9	32,0	7,37	0,230		0,0467	0,00146		

Canna-Culturen.

B. Kalk-Cultur.

Tabelle IV.

Im Dunkeln getrieben vom 12. Januar bis 10. März 1897.

	Zahl der Objecte	Länge in ctm.	Volumen in ccm.	Trocken-gewicht	Dasselbe in 1 ccm.	Abnahme der Trockensubst.	Calcium-Oxalat	Dasselbe in 1 ccm.	Abnahme bez. Zunahme des Oxalats
Versuch	1	6,0	65	6,20	0,095	43,77%	0,1030	0,00158	+ 7,48%
Controlle	1	7,5	68	14,80	0,217		0,1000	0,00147	
Versuch	1	6,5	44	3,62	0,082	66,39%	0,0665	0,00151	+ 2,02%
Controlle	1	8,0	50	12,20	0,244		0,0740	0,00148	
Versuch	1	7,5	42	4,20	0.100	52,16%	0,581	0,00138	— 4,83%
Controlle	1	8,0	42	8,81	0,209		0,0610	0,00145	
Versuch	1	6,0	30	2,90	0,097	52,18%	0,0483	0,00161	+ 5,92%
Controlle	1	7,5	31	6,27	0,202		0,0472	0,00152	
Versuch	1	5,0	49	3,90	0,079	67,50%	0,0676	0,00138	— 4,17%
Controlle	1	5,0	50	12,02	0,240		0,0720	0,00144	

Die Zunahme des Oxalats beträgt im **Mittel 1,284%**

Die Abnahme der Trockensubstanz beträgt im **Mittel 56.40%**

Iris-Culturen.

A. Kies-Kultur.

Tabelle V.

Im Dunkeln getrieben vom 12. Januar bis 8. März 1897.

	Zahl der Objecte	Länge in ctm.	Volumen in ccm.	Trockengewicht in grm.	Dasselbe in 1 ccm.	Abnahme der Trockensubst.	Calciumoxalat	Dasselbe in 1 ccm.	Abnahme des Oxalats	
Versuch	1	5,0	15,5	2,92	0,188	30,12%	0,148	0,0095	9,524%	Die Abnahme des Oxalats beträgt im **Mittel 11,50%.**
Controlle	1	4,5	15,0	4,04	0,269		0,158	0,0105		
Versuch	1	5,0	19,0	3,50	0,184	32,11%	0,182	0,0095	7,157%	
Controlle	1	5,5	19,0	5,15	0,271		0,195	0,0102		
Versuch	1	6,0	23,0	3,43	0,149	43,13%	0,210	0,0091	18,750%	Die Abnahme der Trockensubstanzbeträgt im **Mittel 37,82%.**
Controlle	1	5,0	22,0	5,77	0,262		0,246	0,0112		
Versuch	1	7,0	28,0	4,10	0,146	45,93%	0,260	0,0093	10,577%	
Controlle	1	6,0	26,0	7,02	0,270		0,265	0,0104		

Iris-Culturen.

B. Kalk-Cultur.

Tabelle VI.

Im Dunkeln getrieben vom 12. Januar bis 8. März 1897.

	Zahl der Objecte	Länge in ctm.	Volumen in ccm.	Trocken-gewicht in grm.	Dasselbe in 1 ccm.	Abnahme der Trocken-substanz	Calcium-oxalat	Dasselbe in 1 ccm.	Zunahme des Oxalats	
Versuch	1	7,0	26,0	4,35	0,167	42,22%	0,292	0,0112	5,66%	
Controlle	1	7,0	27,5	7,97	0,289		0,292	0,0106		Die Zunahme des Oxalats beträgt
Versuch	2	10,0 u. 5,5	60,0	12,35	0,206	32,90%	0,645	0,0107	3,88%	im **Mittel 4,78%.**
Controlle	2	9,0 u. 5,0	55,0	16,90	0,307		0,567	0,0103		
Versuch	1	7,0	30,0	5,945	0,198	31,96%	0,340	0,0113	8,65%	Die Abnahme der
Controlle	1	6,0	26,0	7,576	0,291		0,271	0,0104		Trockensubstanz beträgt
Versuch	1	7,0	31,0	5,77	0,186	31,62%	0,335	0,0 08	0,93%	im **Mittel 37,82%.**
Controlle	1	7,5	34,0	9,25	0,272		0,364	0,0107		

Bevor ich die Resultate über die Untersuchungen der Holzgewächse aufführe, will ich noch vorausschicken, dass die meisten derselben zu vier verschiedenen Zeiten untersucht wurden. Das Datum der Untersuchung ist nicht für alle Objecte dasselbe, denn das Material wurde einmal im Winter, also in der Ruhezeit als die Zweige noch mit Reservestoffen vollgepfropft waren, eingesammelt, dann beim Aufbrechen der Knospen oder kurz nachher, drittens zur Zeit der Blüte oder noch während des Wachstums der Blätter und viertens gegen das Ende der vorschreitenden Vegetationsperiode, bez. bei Beginn der Ablagerung der Reservestoffe.

Bei einigen erst später in den Rahmen der Untersuchung gezogenen Gewächsen konnte ich der vorgeschrittenen Jahreszeit wegen, winterliche Zweige nicht mehr zum Vergleich bringen.

Wie ich bereits bei der Besprechung der Technik meiner Arbeit erwähnte, habe ich bei dem grösseren Teil der Untersuchungen auch den Gehalt der Objecte an anderen Kalksalzen bestimmt. Damit diese Resultate einen Vergleich mit dem Oxalatgehalt gestatten, habe ich die hier gefundenen Mengen Calciumoxyd ebenfalls auf Kalkoxalat umgerechnet; bemerke aber besonders, dass dies nur der Uebersichtlichkeit wegen geschehen ist und der Kalk in den Pflanzen in ganz verschiedener Form, als lösliches organisches Salz, eingelagert in der Membran oder in noch anderer Gestalt enthalten sein kann. Die procentischen Angaben des Oxalatgehaltes beziehen sich stets auf die frisch eingesammelte, nie auf die getrocknete Substanz; desgleichen natürlich die verzeichnete Abnahme bez. Zunahme des Oxalats. Die letzteren Zahlen haben immer auf die zuerst untersuchte, also meist winterliche Zweigpartie Bezug. — Die Daten beziehen sich auf den Winter 1896/97 bez. auf den Sommer 1897.

Die erste Tabelle zeigt bei den einjährigen Trieben von Rhamnus tinctorius im Januar und April die gleiche Oxalatmenge, da sich die Winterknospen noch nicht geöffnet hatten; dann aber sank der Oxalatgehalt rapid, denn nach 24 Tagen war eine Abnahme von fast 40 % zu verzeichnen; nach einem weiteren gleichen Zeitraum hatte bereits die Neubildung des

Oxalats begonnen. Im Mark konnte man neben grösseren, jedenfalls älteren Drusen, kleine beobachten, die wahrscheinlich noch im Wachsen begriffen waren.

Die Ablagerung von Reservestoffen hatte am 16. Juni noch nicht angefangen, doch konnten solche am Ende desselben Monats constatiert werden. Die Innenrinde enthielt neben Drusen auch Einzelkrystalle. — Von Rhamnus saxatilis untersuchte ich sowohl einjährige, wie ältere mehrjährige Zweige. Die letzteren verhielten sich ganz ähnlich, wie die jungen Zweige von Rhamnus tinctorius, nur beginnt hier das Austreiben und infolgedessen auch die Oxalatabnahme früher. Bei den einjährigen Trieben dagegen war die Abnahme des Oxalats eine sehr allmähliche. In der zweiten Hälfte des Juni begann hier bereits die Ablagerung der Stärke.

Die Traubenkirsche zeigt Ende April schon einen Oxalatverlust von 53 %; die Blätter waren ziemlich weit entwickelt, bis zu $^2/_3$ ihrer normalen Grösse. Leider war es mir nicht früher möglich gewesen, mit dem Einsammeln des Frühlingsmaterials zu beginnen, sonst hätte ich auch sicher hier eine allmähliche Abnahme des Oxalats nachweisen können. In der folgenden Woche steigerte sich der Oxalatverlust noch bis auf beinahe 60 % am 11. Mai. Im Juni beginnt wieder eine langsame Zunahme.

Auch mikroskopisch liess sich die Auflösung des Oxalats constatieren. Die Rinde enthielt im Winter schöne monokline Einzelkrystalle und mächtige Drusen im Parenchym; im Mark fand ich nur letztere. Im Mai war das Mark fast frei von Oxalat und in der Rinde hatten besonders die Drusen eine starke Verminderung erlitten; ausserdem sah ich vielfach zerfallene Drusen.

Eine noch bedeutendere Oxalat-Auflösung zeigt uns die folgende Tabelle von Pirus pumifolius, nämlich über 63 % Anfang Juni; Ende dieses Monats ist eine geringe Zunahme eingetreten. Gleichzeitig enthielten Rinde und Mark reichliche Stärkemengen; im Uebrigen entsprach der mikroskopische Befund dem von Prunus Padus.

Es folgt Rosa damascena mit circa 40 % Oxalatverlust. Die Rinde enthält Drusen und zahlreiche schön ausgebildete

Rhamnus tinctorius.

Es wurden je zwölf, 15 ctm. lange einjährige Triebe untersucht. Tabelle VII.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk-oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium.
14. Januar	9,0	4,3	47,78	0,257	2,86				Winterruhe
23. April	8,8	4,2	47,72	0,255	2,89	—	0,087	0,988%	Winterruhe
17. Mai	8,0	3,36	42,00	0,140	1,75	39,45%	0,081	1,125%	Mit kleinen Blättchen und Blüten
12. Juni	9,35	4,00	42,78	0,187	2,00	30,07%	0,087	0,930%	Blätter entwickelt. Früchte grün.

Rhamnus saxatilis.

Es wurden je 12 einjährige 14 ctm. lange Triebe untersucht. Tabelle VIII.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk-oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
14. Januar	9,50	4,50	47,36	0,278	2,92				Winterruhe
23. April	9,05	4,20	46,40	0,227	2,51	14,05%	0,101	1,116	Kleine Blättchen
17. Mai	9,10	4,05	44,50	0,216	2,37	18,84%	0,107	1,175	Blätter ent wickelt, Triebe circa 3 ctm. lang, Knospen.
16. Juni	9,20	4,40	47,82	0,207	2,25	22,95%	0,088	0,956	Verblüht, Kleine grüne Früchte.

Rhamnus saxatilis.

Je zwölf ältere Zweige; 12 ctm. lang.

Tabelle IX.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
1. Februar	14,50	7,50	51,72	0,450	3,10		0,171	1,179	Winterruhe
23. April	15,00	7,15	47,67	0,237	1,58	49,03	0,176	1,173	Kleine Blättchen
17. Mai	15,00	7,15	47,67	0,440	2,93	5,49	0,187	1,246	Blätter entwickelt, Triebe circa 3 ctm. lang, Knospen.
16. Juni	14,17	7,35	51,87	0,418	2,95	4,84	0,206	1,453	Kleine grüne Früchte.

Prunus Padus.

Je 19 Zweige; 12 ctm. lang

Tabelle X.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl in %	Entwicklungs-Stadium
1. Februar	11,20	4,20	37,50	0,314	2,80				Winterruhe
23. April	11,05	3,90	35,29	0,145	1,31	53,22%	0,368	3,330	Blätter hatten $^2/_3$ der normalen Grösse erreicht; Knospen.
11. Mai	13,20	5,00	37,95	0,150	1,14	59,29%	0,211	1,598	Blätter entwickelt, verblüht. Kurze Triebe.
14. Juni	13,50	5,80	42,96	0,191	1,41	49,46%	0,166	1,230 62,77% Abnahme	Triebe bis 12 ctm. lang.

Pirus prunifolius.

Je 14 Schosse; sämmtlich 25 ctm. lang.

Tabelle XI.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
2. Februar	30,00	15,2	50,66	0,481	1,60		0,448	1,493%	Winterruhe
23. April	29,20	11,7	40,06	0,247	0,84	47,5	0,226	0,774%	Blätter halb entwickelt.
4. Juni	30,80	12,6	40,91	0,183	0,59	63,13	0,174	0,565% = 62,16 Ab-nahme	Blätter entwickelt, blühend.
30. Juni	30,90	14,4	46,60	0,204	0,66	58,75	0,216	0,699%	Mit grünen Früchten.

Rosa damascena.

Je 12 Zweige; 15 ctm. lang.

Tabelle XII.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk-oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
2. Februar	11,0	5,00	45,45	0,325	2,95%				Winterruhe
30. April	12,0	5,05	42,08	0,241	2,00	32,21%	0,144	1,200	Blätter teilweise entwickelt.
29. Mai	12,8	5,35	41,80	0,230	1,79	39,32%	0,139	1,086	Triebe bis 20 ctm. lang; dicht belaubt, Knospen.
22. Juni	14,0	5,96	42,57	0,264	1,88	36,27%	0,177	1,264	Triebe bis 25 ctm. lang; blühend.

Crataegus latifolius.

Je 3 Zweige; 22 ctm. lang.

Tabelle XIII.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
6. Mai	7,20	3,15	43,75	0,183	2,54		0,072	1,000	Bereits angetrieben, aber Blätter noch nicht entfaltet.
20. Mai	9,65	4.20	43,50	0,174	1,80	29,13%	0,086	0,891	Blätter fast entwickelt, Triebe 15 ctm. lang.
14. Juni	8,40	3,70	44,04	0,112	1,33	47,64%	0,031	0,369 =63,1% Abnahme	Blätter entwickelt, blühend, Triebe 15—30 ctm. lang.
13. Juli	9,95	4,60	46,23	0,261	2,62	+3,15%	0,098	0,984	Mit grünen Früchten.

Aristolochia Sipho.

Je 11 Triebe; 20 ctm. lang.

Tabelle XIV.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk-oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium.
2. Februar	18,00	7,20	40,00	0,310	1,72				Winterruhe
15. Mai	18,00	6,47	35,94	0,305	1,69	1,75%	0,196	1,089	Knospen ausgetrieben; Blättchen sehr klein.
2. Juni	17,55	5,90	33,61	0,269	1,53	11,05%	0,222	1,265	Blätter im Durchschnitt 8—9 ctm. lang und breit; blühend.
28. Juni	17,20	5,90	34,30	0,177	1,03	40,12%	0,214	1,244	Blätter im Durchschnitt 15×13. Triebe verschieden lang, bis 30 ctm.
12. Juli	18,50	6,42	34,70	0,236	1,27	26,28%	0,205	1,108	Blätter entwickelt. Triebe oft sehr lang.

Acer platanoides.

Je 8 vorjährige Triebe; 22 ctm. lang.

Tabelle XV.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
25. Januar	26,50	13,30	50,19	0,958	3,61		0,400	1,509	Winterruhe.
23. April	25,30	12,00	47,39	0,707	2,79	22,72%	0,318	1,257	Frische Triebe einige ctm. lang; Blätter ungefähr 1/3 der normalen Grösse.
11. Mai	27,26	12,00	44,02	0,674	2,47	31,58%	0,250	0,917 = 39,24% Abnahme	Frische Triebe 5—15 ctm. lang; Blätter fast voll entwickelt.
14. Juni	26,20	12,80	48,85	0,585	2,23	38,23%	0,244	0,931	Triebe 10—30 ctm. lang.
12. Juli	25,85	13,48	51,75	0,639	2,47	31,58%	0,408	1,578	Desgleichen.

Amorpha fruticosa.

Je ein Zweig; 62 ctm. lang.

Tabelle XVI.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk-oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium.
6. Mai	17,7	10,5	59,30	0,188	1,06		0,187	1,056	Knospen noch nicht ausgetrieben, also Winterruhe.
3. Juni	15,5	7,1	45,80	0,096	0,62	41,51%	0,077	0,497 = 54,83% Abnahme	Triebe bis 30 ctm. lang; Blätter entwickelt, kurz vor der Blüte.
24. Juni	14,7	7,5	51,02	0,152	1,03	2,83%	0,095	0,646	Triebe bis 35 ctm. lang, blühend.
Desgleichen; jeder Zweig 40 ctm. lang.									
6. Mai	10,00	5,82	58,20	0,112	1,12		0,099	0,990	Knospen noch nicht ausgetrieben, also Winterruhe.
3. Juni	9,15	4,72	51,58	0,102	1,11	0,90%	0,069	0,754	Triebe einige ctm. lang, also nicht so weit wie vorige. Blätter nicht entwickelt.
24. Juni	10,20	4,90	48,03	0,079	0,77	31,25%	0,075	0,735 = 25,76% Abnahme	Triebe circa 25 ctm. lang, kurz vor der Blüte.
9. Juli	9,85	5,05	51,26	0,097	0,98	12,50%	0,077	0,781	Triebe 30 ctm. lang, verblüht.

Einzelkrystalle. Das Mark war im Juni fast oxalatfrei, wie die Untersuchung vieler Querschnitte ergab; ich fand nur wenige Einzelkrystalle in der Peripherie des Markes. Im April, zur Zeit als die Reservestoffe noch nicht verbraucht waren enthielt das Mark sowohl Einzelkrystalle als auch, diese überwiegend, grössere Drusen.

Crataegus latifolia zeigt vom Mai, als die Zweige bereits ausgetrieben, die Blätter aber noch nicht entfaltet waren, bis Mitte Juni eine Auflösung von 47 % Oxalat.

Das Mark und die Rinde waren zu dieser Zeit noch vollständig stärkefrei. — Ueber das Kalkoxalat einer anderen Species, Crataegus Oxyacantha, schreibt Wehmer:[1] „Wir vermögen jedoch aus diesem lokalisierten und scheinbar im Laufe vieler Jahre sich unverändert erhaltenden Kalkansammlungen des Markes schliessen, dass eine Veränderung, resp. ausgiebige Lösung mit folgendem Transport des oxalsauren Kalkes wenigstens an diesem Orte nicht erfolgt."

Als ich im Mai diese Wehmer'sche Arbeit fand, untersuchte ich mehrfach das Mark von Crataegus Oxyacantha und fand ich im Gegensatz zu Wehmer hier oft zerfallene Oxalatdrusen, resp. Zellen, welche nur noch Reste der Drusen enthielten. Dasselbe gilt für C. latifolia. Die Wehmer'sche Angabe dürfte daher wohl auf einem Irrtum, bez. auf Beobachtungen zu ungünstiger Jahreszeit beruhen. Kraus fand in den Zweigen von Crataegus Oxyacantha von Mitte Januar bis Mitte April eine Oxalatabnahme von 59 %.

Die nächste Tabelle zeigt den Oxalatgehalt von Aristolochia Sipho zu fünf verschiedenen Zeiten. Aristolochia treibt sehr spät aus und finden wir daher die grösste Abnahme erst im Juni; im Juli sehen wir aber auch hier wieder eine Zunahme. Die Ablagerung der Reservestoffe beginnt Ende Juni; Rinde und Mark enthalten zu dieser Zeit viele Zellen mit Oxalatresten.

Acer platanoides lässt aus den Analysen sehr schön die allmähliche Auflösung und ebensolche Zunahme des Oxalats erkennen. Die Stärkeablagerung beginnt Ende Juni; die mikroskopische Untersuchung bietet nichts Neues.

---

[1]) Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft Bd. VII. 1889. pag. 221.

Von den Leguminosen untersuchte ich die Zweige der im hiesigen botanischen Garten cultivierten Amorpha fruticosa, und zwar in zwei Reihen. 1. 62 ctm. lange Zweige; 2. 40 ctm. lange Zweige. Hier zeigte sich noch deutlicher wie bisher die Abhängigkeit des Oxalatgehaltes von dem Entwicklungsstadium der betreffenden Gewächse. Wie sich aus den Bemerkungen der Tabelle ersehen lässt, trieben die kürzeren Zweige später und langsamer aus, als die längeren. Daher zeigten die letzten am 3. Juni bereits einen Oxalatverlust von 40 %, während die kurzen Zweige kaum eine Abnahme erkennen liessen; sie erreichten das Entwicklungsstadium der grösseren Zweige vom 3. VI. ungefähr am 24. VI. und nun constatierte ich auch hier eine bedeutende Verminderung des Oxalats. — Bei unseren einheimischen Holzgewächsen fanden wir bisher immer Drusen im Mark und in der Rinde oder nur im Mark. Amorpha aber enthält nur monokline und tetragonale Krystalle, deren Zellen im Mark meist zu mehreren beieinander liegen und gewissermassen zu Nestern vereinigt sind. Die Abbildung 2 der beigefügten Tafel giebt ein Bild von einem Theil des Markquerschnittes, in dessen Zellen wir vielfach in Auflösung begriffene Krystalle sehen.

Während der Winterruhe waren Mark und Rinde viel reicher an Oxalat. Nebenbei sei noch erwähnt, dass ich auch in anderen Leguminosen oft nur Krystalle und keine Drusen fand, so in Robinia pseudacacia, Caragana arborescens, Gleditschia u. a., Cassia dagegen enthält Drusen im Mark.

Tilia parvifolia lässt von Ende April bis Ende Juni einen Oxalatverlust von beinahe 42 % erkennen. Das Salz besteht vornehmlich aus Drusen, doch bildet die Rinde im Sclerenchymring auch Einzelkrystalle. Durch einen Vergleich der Querschnitte von winterlichen und sommerlichen Zweigen erkannte man auch hier in letzeren eine Verringerung der Drusen. Ende Juni begann die Ablagerung von Reservestoffen.

Von den oxalatreichen Salicaceen zog ich zwei Salix- und zwei Populusspecies in den Rahmen meiner Untersuchungen. Salix america und Salix laurina geben uns wieder schöne Beispiele einer allmählichen Oxalat-Auflösung, welche sich bis zu 50 % steigert. Das Oxalat tritt in Drusenform auf, nur im

Bastteil der Rinde erkannte ich kleine Krystalle. Zur Zeit des niedrigsten Oxalatgehaltes begann die Ablagerung von Stärke.

Bei Populus italica war nach einer Oxalatabnahme im Frühling, im Mai schon wieder eine langsame Zunahme festzustellen. Das Mark enthält hier Drusen und einzelne Krystalle von rhombischer Form, ebenso die Rinde. — Ende Mai liess sich die erste Stärke nachweisen.

Populus monilifera zeigt von den bisher aufgeführten Gewächsen auffallende Abweichungen bez. der Veränderung des Oxalatgehaltes. Wie die Tabellen zeigen habe ich viele Analysen ausgeführt, welche sehr verschiedene Resultate lieferten. Zuerst liess ich je zwei im Januar abgeschnittene Zweige von zwei Bäumen in Leitungswasser mit einem Kalkgehalt von 0,046 g. Calciumoxyd im Liter, im Dunkeln im Warmhaus 5—6 Wochen treiben und untersuchte von denselben Bäumen zwei entsprechende Zweige sofort. In den ausgetriebenen Versuchsobjecten fand ich merkwürdigerweise keine Abnahme, sondern eine beträchtliche Zunahme des Oxalats. Die etiolierten Teile enthielten in der Blattspreite an der Spitze zahlreiche Drusen, die Basis des Blattes und der Blattstiel wiesen nur wenige, die Stengelteile aber wieder mehr Drusen auf. Die entwickelten Wurzeln waren frei von Oxalat.

Bei diesem auffallenden Resultat will ich nicht unerwähnt lassen, dass diese Bestimmungen, sowohl der Versuchs- wie der Controllzweige doppelt ausgeführt wurden und die gefundenen Mengen nur um ein Geringes differierten; ein Irrtum bei der Analyse daher ausgeschlossen ist. Auch Kraus untersuchte Populuszweige von Pop. alba, welche er ebenfalls in Wasser (also wohl Leitungswasser) treiben liess; auch er konnte keine Abnahme des Oxalats nachweisen. Kraus giebt hier keine Zahlen an und ist es nicht unmöglich, dass auch er eine geringe Zunahme zu verzeichnen hatte.

Vom 15. März bis zum 20. April wiederholte ich den Versuch mit dem Unterschiede, dass ich an Stelle des Leitungswassers, destilliertes Wasser verwendete. Die Versuchszweige waren noch in der Winterruhe, doch hatte das Safttreiben bereits begonnen, wie einige andere bereits aufgesprungene Knospen zeigten. Auch hier entwickelten sich kleine gelbe

Blättchen und kurze Triebe. Bei zwei Zweigen unterbrach ich den Versuch am 20. April, während ich die übrigen drei noch circa 6 Wochen dem Lichte aussetzte. Die etiolierten Blätter und Triebe zeigten dieselbe Verteilung des Oxalats wie die in Leitungswasser ausgetriebenen Teile.

Die Blätter der belichteten Zweige nahmen bedeutend an Grösse zu, doch erreichten sie nicht diejenige normale Blätter und wie ich bereits früher erwähnte, erschienen die Nerven mit zahlreichen Einzelkrystallen belegt. Alle Zweige hatten Wurzeln getrieben, welche kein Oxalat enthielten.

Die Stärke war bis auf einige Reste in den oberen Teilen vollständig verbraucht. Die nur im Dunkeln getriebenen Zweige hatten 23,8 %, die belichteten im Mittel 25,7 % Oxalat verloren. Alle ausgetriebenen Teile erschienen am Ende des Versuchs noch vollkommen gesund. Unter anormalen Bedingungen für das Wachstum war also auch hier eine Verminderung des Kalkoxalats eingetreten. Die Ursache des verschiedenen Verhaltens der in Leitungswasser und der in destilliertem Wasser getriebenen Zweige lässt sich schwer erkennen, da beide Versuchsreihen sich im Uebrigen ähnlich verhielten. Jedenfalls wurde von den Pflanzen in beiden Fällen Oxalsäure neu gebildet, welche aber nur im ersteren Falle von den Pflanzen als oxalsaurer Kalk in grösserem Masse abgeschieden werden konnte, da nur hier neue Kalkzufuhren möglich waren. — Sehr interessant war die mikroskopische Untersuchung der Zweigquerschnitte, welche ich in verschiedener Höhe machte. An dem unteren Teil, welcher Wurzeln entwickelt hatte, fehlten im Mark unversehrte Drusen vollständig. Die wenigen überhaupt noch sichtbaren, welche im Zerfall begriffen waren oder in Gestalt einiger Fragmente in den Zellen lagen, kommen bei der grossen Zahl der Drusen, welche ich in den normalen Märzzweigen fand, kaum in Betracht; das Mark war also hier fast oxalatfrei.

In einigen Zellen konnte ich an der zurückgebliebenen Cellulose-Membran, welche sehr häufig Drusen und Krystalle umgiebt, deutlich die Umrisse der vorher dort befindlichen Drusen sehen.

In der Rinde dieser Querschnitte war das Bild ein ähnliches;

Tilia parvifolia.

Je 13 Zweige; 20 ctm. lang.

Tabelle XVII.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk-oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium.
29. April	21,0	8,05	38,33	0,664	3,16%		0,314	1.495%	Blätter teilweise noch in der Knospenlage, teilweise entfaltet.
25. Mai	20,6	8,00	38,83	0,520	2,52%	20,26%	0,239	1,160%	Blätter entwickelt.
25. Juni	20,8	9,12	43,84	0,383	1,84%	41,78%	0,360	1,730%	Triebe bis 10 ctm. lang.
12. Juli	21,5	9,45	43,92	0,502	2,33%	26,27%	0,354	1,646%	Triebe bis 15 ctm. lang.

Salix americana.

Je 8 einjährige, unverästelte 60 ctm. lange Zweige. Tabelle XVIII.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk-oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
10. März	28,10	11,35	40,39	0,562	2,00		0,260	0,925	Knospen eben aufgebrochen.
22. April	29,85	10,83	36,28	0,430	1,44	28,0%	0,180	0,603 = 30,49% Abnahme	Weibliche Blüten verblüht, kleine Blättchen.
4. Juni	29,40	11,30	38,43	0,339	1,16	42,0%	0,226	0,769	Triebe im Durchschnitt 15—20 ctm. lang. Blätter entwickelt.
29. Juni	28,20	11,33	40,17	0,283	1,00	50,0%	0,305	1,082	Triebe bis 40 ctm. lang. Beginn der Winterknospen-Bildung.
12. Juli	31,70	12,78	40,31	0,403	1,27	36,5%	0,264	0,832	Desgl.

Salix laurina.

Je 15 einjährige Zweige, von 20 ctm. Länge. Tabelle XIX.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
15. Decbr.	12,0	5,94	49,50	0,251	2,09				Winterruhe.
28. April	12,0	4,90	40,83	0,213	1,77	15,31%	0,125	1,041	Mit weiblichen Blüten und sehr kleinen Blättchen.
20. Mai	13,0	4,80	36,92	0,154	1,19	43,07%	0,119	0,915	Blätter meist entwickelt; Triebe circa 4 ctm. lang.
21. Juni	15,1	5,78	38,27	0,164	1,08	47,85%	0,130	0,861 = 17,3% Abnahme	Triebe bis 15 ctm. lang; Beginn der Winterknospen-Bildung.
12. Juli	15,2	6,22	40,88	0,187	1,24	41,15%	0,153	1,006	Desgl.

Populus italica.

Je 4, 50 ctm. lange einjährige Zweige, ohne Nebenweige. Tabelle XX.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
16. März	18,45	9,30	50,40	0,822	4,45%				Winterruhe.
28. April	17,80	7,45	41,85	0,548	3,07%	31,02%	0,117	0,657%	Blätter halb entwickelt.
20. Mai	18,70	7,86	42,00	0,603	3,22%	27,62%	0,115	0,615%	Triebe 2—2,5 ctm lang, dicht beblättert.
22. Juni	19,10	8,65	45,28	0,628	3,28%	26,29%	0,172	0,900%	

Populus monilifera.

Winterliche Zweige in Leitungswasser im Dunkeln im Warmhaus vom 20. I. bis 2. III. getrieben. Sämmtliche Zweige waren 70 ctm. lang; Versuchs- und Controllzweig von entsprechender Verzweigung.

Tabelle XXI.

I. Baum.

	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm	% Trockensubst.	Abnahme derselben	Kalk-oxalat	% Kalk-oxalat	Zunahme desselben
Versuch	20,60	8,80	42,72	7,64%	0,511	2,480	45,02%
Controlle	20,00	9,25	46,25		0,342	1,710	
Versuch	20,20	8,72	43,17	8,48%	0,522	2,584	51,37%
Controlle	19,50	9,20	47,17		0,333	1,707	

II. Baum.

	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm	% Trockensubst.	Abnahme derselben	Kalk-oxalat	% Kalk-oxalat	Zunahme desselben
Versuch	15,50	6,45	41,61	10,04%	0,380	2,451	25,43%
Controlle	15,50	7,17	46,26		0,303	1,954	
Versuch	16,00	6,58	41,12	10,42%	0,405	2,531	32,16%
Controlle	16,60	7,62	45,90		0,318	1,915	

Populus monilifera.

Noch nicht ausgetriebene Zweige im Dunkeln in destilliertem Wasser bei mässiger Wärme vom 15. III. bis 20. IV. getrieben. Alle Zweige waren 78 ctm. lang. Tabelle XXII.

	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-substanz	Abnahme desselben	Calcium-oxalat grm.	Dasselbe in %	Abnahme des Oxalats	
Versuch	18,10	7,30	40,33	13,12%	0,369	2,038	21,10%	Abnahme des Oxalats im Mittel 23,81 %.
Controlle	18,20	8,45	46,42		0,470	2,583		
Versuch	18,00	7,20	40,00	13,16%	0,334	1,855	26,53%	Abnahme der Trocken-substanz im Mittel 13,14 %.
Controlle	17,80	8,20	46,06		0,447	2,511		

Populus monilifera.

Tabelle XXIII.

Noch nicht ausgetriebene Zweige im Dunkeln in destilliertem Wasser bei mässiger Wärme vom 15. III. bis 20. IV. getrieben und bis zum 1. VI. darauf dem Licht ausgesetzt.
Sämmtliche Zweige waren 78 ctm. lang und von entsprechender Verzweigung.

	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trockensubst.	Abnahme derselben	Calcium-Oxalat grm.	Dasselbe in %	Abnahme des Oxalats	
Versuch	18,90	7,30	38,62	15,94%	0,376	1,989	23,00%	Abnahme des Oxalats im Mittel 25,71 %.
Controlle	18,50	8,50	45,94		0,478	2,583		
Versuch	18,70	7,40	39,56	15,55%	0,375	2,005	23,94%	
Controlle	19,00	8,90	46,84		0,501	2,636		Abnahme der Trockensubstanz im Mittel 15,64 %.
Versuch	18,25	7,25	39,72	15,44%	0,332	1,819	30,20%	
Controlle	17,80	8,36	46,97		0,464	2,606		

Populus monilifera.

Zur Verwendung kam je ein 78 ctm. langer Zweig. Tabelle XXIV.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	% Trocken-substanz im Mittel	Kalk-oxalat	Dasselbe in %	% Kalk-oxalat im Mittel	Entwicklungs-Stadium.	
15. März	17,80	8,20	46,06	46,32	0,447	2,511	2,571	Die untersuchten Zweige waren noch in Winterruhe, doch hatten sich die Knospen anderer zum Teil geöffnet.	
" "	18,20	8,45	46,42		0,470	2,583			
" "	18,50	8,50	45,94		0,478	2,583			
" "	19,00	8,90	46,84		0,501	2,606			
28. April	17,90	7,96	44,47	44,35	0,370	2,067	2,335	Die Blätter hatten ungefähr 1/3 der normalen Grösse erreicht; Triebe 1—2 ctm. lang.	Abnahme der Trockensubstanz = 4,26% Abnahme des Oxalats = 9,18% im Mittel.
" "	16,50	7,28	44,12		0,391	2,369			
" "	17,40	7,72	44,37		0,389	2,236			
" "	17,60	7,82	44,43		0,466	2,648			
20. Mai	17,70	7,52	42,49	43,03	0,434	2,452	2,607	Blätter fast entwickelt. Triebe 4—6 ctm. lang.	Weitere Abnahme d. Trockensubst. bezog. auf 28. IV. = 2,98% Zunahme des Oxalats bez. auf 28. IV. = 11,65%
" "	17,40	7,50	43.10		0,442	2,540			
" "	18,10	7,75	42,81		0,487	2,690			
" "	16,70	7,30	43,71		0,459	2,748			
22. Juni	18,90	8,55	45,23	45,48	0,480	2,539	2,564	Triebe bis 10 ctm. lang.	Trockensubstanz hat zugenommen. Oxalat blieb ungefähr dasselbe,
" "	16,95	7,65	45,13		0,432	2,548			
" "	17,30	7,97	46,07		0,451	2,606			

Populus monilifera.

Je 22 einjährige unverzweigte Triebe, von 20 ctm. Länge. Tabelle XXV.

Datum	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk-oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Zunahme bez. Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
15. Decbr.	24,20	11,40	47,10	0,787	3,252				Winterruhe
15. März	27,00	12,70	47,03	0,980	3,629	+ 11,59%			Nur einzelne Knospen aufgesprungen.
28. April	26,55	11,62	43,76	1,048	3,947	+ 21,37% bez. auf 15. XII.			Blätter erreichten 1/3 bis 1/2 der normalen Grösse.
20. Mai	26,65	11,20	42,02	0,873	3,276	— 17,00% bez. auf 28. IV.	0,291	1,091	Triebe 2,0—2,5 ctm. lang.
22. Juni	25,60	11,15	43,55	0,802	3,132	— 20,65% bez. auf 28. IV.	0,244	0,953	Triebe 5,0—10 ctm. lang.
2. Juli	23,65	10,50	44,39	0,737	3,112	— 21,16%	0,266	1,124	Desgl.

Amorpha fructicosa.

In destillierten Wasser im Dunkeln vom 6. V. bis 24. VI. getrieben und darauf zehn Tage dem Lichte ausgesetzt.

Tabelle XXVI.

	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Kalk oxalat grm.	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	Andere Kalksalze	Desgl. in %	Entwicklungs-Stadium
Versuch 1 Zweig 62 ctm. lang.	17,0	8,86	52,11	0,132	0,78	26,42%	0,109	0,641	Triebe bis 25 ctm. lang; Blätter etwas kleiner als normal. Nicht alle Knospen ausgetrieben.
Controlle Desgl.	17,7	10,50	59,30	0,188	1,06		0,187	1,056	Winterruhe
Versuch 1 Zweig 40 ctm. lang.	10,2	4,78	46,86	0,083	0,81	27,68%	0,068	0,667	Triebe bis 20 ctm. lang; sonst wie oben.
Controlle Desgl.	10,0	5,82	58,20	0,112	1,12		0,099	0,990	Winterruhe

Anacampseros filamentosus.

Im Dunkeln im Warmhause vom 13. I. bis 6. V. getrieben; die kalkfreie Kultur wurde mit destiliertem Wasser, die kalkhaltige mit Leitungswasser begossen. Tabelle XXVII.

	Gewicht frisch grm.	Gewicht trocken grm.	% Trocken-subst.	Abnahme derselben	Kalk oxalat	% Kalk-oxalat bezogen auf frische Subst.	Abnahme des Oxalats	
Versuch Im kalkfreien Sand getrieben.	3,20	0,2	6,25	28,90%	0,0273	0,853	49,17%	Die ausgetriebenen Blättchen und Stengelteile wurden vor der Untersuchung entfernt.
Controlle In Gartenerde nicht getrieben.	3,64	0,32	8,79		0,0598	1,643		Bei allen 3 Pflanzen wurden vor der Analyse Wurzeln und anhaftender Sand sorgfältig entfernt.
Versuch In Sand mit vielen Kreidestüchchen getrieben.	4,26	0,36	8,45	3,87%	0,0715	1,678		Desgl. wie oben.

nur fand ich hier ansehnlichere Drusen- und Krystallreste, ganz unversehrte Drusen bez. Krystalle konnte ich auch hier nicht finden. Zehn Centimeter über dieser Stelle war im Mark das Bild ein gleiches, vielleicht waren die Reste etwas bedeutender. In der Rinde fand ich neben meist zerfallenen Drusen und corrodierten Krystallen doch von beiden unversehrte Individuen. Zwanzig Centimeter über dem Wurzelteil sah ich bereits am Rande des Markes einige scheinbar unversehrte Drusen, die Rinde verhielt sich ähnlich wie bei den vorher beschriebenen Schnitten. Auf Querschnitten aus der Mitte des Zweiges leuchteten im polarisierten Licht schon zahlreiche Drusen und Krystalle auf, doch war im Mark noch die überwiegende Zahl im Zerfall. Das obere Ende und die ausgetriebenen Seitenästchen verhielten sich gleich; die Krystalle fast alle intakt, die Drusen in der grösseren Zahl ebenso, doch liessen nicht wenige auch hier eine Einwirkung des lösenden Zellsaftes erkennen. Einige kleine Seitenzweige hatten ihre Knospen nicht entwickelt und allmählich waren sie vertrocknet; Schnitte zeigten auch hier einzelne Drusen im Zerfall und die Stärke war, wie in allen übrigen Zweigenteilen, fast vollständig verbraucht. Diese Beobachtungen zeigen, dass die Lösung des Oxalats hier von unten nach oben fortschreitet; der aufsteigende Saftstrom enthielt im unteren Teil der Zweige keinen oder doch nur wenig Kalk aus den Salzen des Zellsaftes, er war also aktionsfähiger als im oberen Teil, wo die Kalklösung bereits eine gewisse Concentration erreicht hatte. — Durch weitere Untersuchungen der Zweige dieser Populusart versuchte ich einen besseren Einblick in die höcht wahrscheinlich auch hier vorsichgehende Oxalatbewegung zu bekommen.

Zu 2 Versuchsreihen wählte ich einmal grosse 78 ctm. lange Zweige und zweitens einjährige Triebe von 20 ctm. Länge. Erstere wurden zu 4, letztere zu 6 verschiedenen Zeiten untersucht. Die älteren Zweige zeigen nur im April einen geringen Oxalatverlust; bei den jüngeren nimmt das Oxalat ähnlich wie bei den in Leitungswasser getriebenen Zweigen, bis zum April zu, um vom Mai bis Juli eine sich langsam steigernde Abnahme zu erfahren. Einen Grund für dieses anscheinend abnorme Verhalten der Zunahme im Frühjahr, als die Bäume mächtig aus-

trieben, vermag ich nicht anzugeben. Es sei denn, dass neben der Auflösung des Oxalats eine noch grössere Neubildung desselben eintritt; ein Gedanke, welchem auch Kraus [1]) und Wehmer [2]) Ausdruck verliehen haben. Eine Thatsache vermag ich anzuführen, welche für einen solchen Vorgang spricht; ich fand in den Rhizomen der Iris-Kalkkulturen ebenfalls corrodierte Krystalle und doch hatte der Oxalatgehalt stets zugenommen.

Freilich lässt sich aus einer Beobachtung kein Schluss auf allgemeine Vorgänge ziehen. — Trotz der zahlreichen Oxalatbestimmungen in Pop. monilifera liegen die Verhältnisse nicht klar, doch habe ich eine Schwankung des Oxalatgehaltes auch hier nachgewiesen.

Von Amorpha fruticosa liess ich gleichfalls zwei Zweige vom 6. Mai bis zum 25. Juni im Dunkeln in destilliertem Wasser treiben und setzte sie dann 10 Tage dem Lichte aus. Die Abnahme des Oxalats beträgt trotz sonst fehlender Kalkzufuhr weniger als in den natürlich gewachsenen Zweigen (Tabelle XVI.), und liegt der Grund hierfür jedenfalls in dem Nichtaustreiben verschiedener Knospen. Die Triebe mit den Fiederblättern wurden bis 25 ctm. lang, die Blättchen waren etwas kleiner als an normalen Pflanzen. Die mikroskopische Untersuchung lieferte ungefähr dieselben Resultate, wie die der Populuszweige, doch enthält Amorpha, wie erwähnt, nur Krystalle, keine Drusen. Die Abnahme der übrigen Kalksalze entspricht circa 36%. Treibversuche in destilliertem Wasser unternahm ich noch im Frühjahr mit Zweigen von Tilia, Ulmus und Crataegus, diese hatten aber bereits ihre Knospen geöffnet und trugen teilweise Blättchen, die Reservestoffe waren daher zum Teil verbraucht und deshalb waren sie wohl nicht mehr im Stande Wurzeln zu bilden; sie verloren ihre Blätter und vertrockneten allmählich.

Bei der Besprechung der einzelnen Versuchsreihen habe ich noch nicht den Gehalt der Zweige an anderen Kalksalzen, bez. die Schwankungen derselben erwähnt. In den weitaus meisten Fällen waren die Mengen geringer als die des Oxalats; insbesondere gilt dies für ruhende Zweige.

---

[1]) Flora 1897. pag. 67.

[2]) Landwirtschaftliche Versuchsstationen Bd. 40. pag. 449.

Gleich oder höher war sie im Winter bei Pirus prunifolius, Prunus Padus und Amorpha fruticosa. Bei mehreren Bäumen standen mir Winterzweige nicht mehr zur Verfügung, als ich die Untersuchung vornahm. Aus den procentischen Angaben ersehen wir, dass die Differenzen meist nicht so bedeutend sind, wie beim Oxalat, doch erreichen sie diese oder sind noch höher bei Acer, Amorpha, Crataegus, Pirus und Prunus. Bei den drei letztgenannten beträgt die Differenz über $60^0/_0$. Man ersieht hieraus, dass die oxalatreichen Gewächse den Kalk oft noch in anderer Form speichern, um ihn im Frühjahr zu verwerten. Im Sommer sehen wir wieder ein Anwachsen des Gehaltes und dies ist sehr natürlich, da die Pflanze den Kalk zur Oxalatbildung nötig hat und den übrigen Verbrauch ersetzen muss.

Von den grünen, nicht verholzten Gewächsen wählte ich zu meinen Versuchen 2 Topfpflanzen, welche reichliche Mengen Oxalat enthalten. Anacampseros filamentosa, eine Portulacacee und eine Begonie. Beide unterwarf ich der Kies- und Kalkkultur im Dunkeln im Warmhaus; doch leider verloren die Begonien sehr bald ihre Blätter und gingen überhaupt ein. Bei einer Wiederholung des Versuchs ereilte sie dasselbe Schicksal. Anacampseros gedieh in beiden Bodenarten und entwickelte etiolierte Triebe und Blättchen. Die Anacampseros scheint in unseren Gewächshäusern nicht so bedeutende Mengen Oxalat abzulagern, wie im Süden freistehende Pflanzen, denn solches mir zur Verfügung stehendes Alcocholmaterial derselben Art enthielt nach Querschnitten zu urteilen mehr Oxalat, als das hier cultivierte. — Anacampseros wächst sehr langsam, wie die meisten succulenten Gewächse und daher brach ich den Versuch erst nach beinahe 4 Monaten ab. Das Resultat war das erwartete, die Pflanze der Kieskultur hatte circa $50^0/_0$ Oxalat verloren, die der Kalkkultur hatte noch denselben Gehalt, wie eine zum Vergleich untersuchte und normal gezogene Anacampseros. Um zu erfahren, ob auch in Raphiden führenden Pflanzen eine Auflösung des Oxalats stattfindet, unternahm ich mit Lemna minor und von den Dicotyledonen mit Impatiens parviflora Kulturversuche in Nährsalzlösungen, um später durch mikroskopische Untersuchung eventuelle Unterschiede in der Ablagerung der Raphiden constatiren zu können. Die chemische

Analyse war hier nicht angebracht, da einerseits die Oxalatmengen sehr gering sind und andererseits wäre es sehr schwierig, wirklich aequivalente Materialmengen zum Vergleich zu bringen.

In der Litteratur finden sich nur wenige Angaben, welche für oder gegen eine Auflösung der Raphiden sprechen. Frank[1]) erwähnt die Auflösung der Krystalldrusen (Raphidenbündel, wie die beigegebene Zeichnung zeigt) in den Knollen von Orchis majalis; Schimper[2]) beobachtete eine Auflösung von Raphiden in wurzelschlagenden Tradescantienblättern (T. Selloi). Dagegen konnte Warlich[3]) bei der kalkfrei gezogenen Tradescantia discolor keine Auflösung von Raphiden, wohl aber von Krystallen konstatieren. — Bei beiden Pflanzen wurden Knop'sche Nährlösungen angewandt, und zwar 1) Normallösung, 2) kalkfreie, 3) kalk- und stickstofffreie, 4) kalkreiche mit einem Gehalt von 6,0 und 10,0 g. Calciumnitrat auf 1000 ccm. der Lösung. Endlich wurden weitere Versuchspflanzen in 5) destilliertem Wasser und 6) in Leitungswasser mit suspendiertem Kalkcarbonat gesetzt. Von den Lemna-Culturen gingen die Pflänzchen der kalkfreien, bez. kalk- und stickstofffreien Lösungen schon nach wenigen Tagen zu Grunde. Das Chlorophyll verschwand zum Teil und bei mikroskopischer Betrachtung sah man, dass Algen und Pilze an den Pflanzen wucherten. Das Oxalat wurde von diesen Parasiten ausserordentlich schnell gelöst, denn nach circa 14 Tagen war dasselbe aus den einzelnen Pflänzchen vollständig oder teilweise verschwunden. Die Pflänzchen der calciumnitratreichen Nährlösungen hatten eine schöne dunkelgrüne Farbe angenommen und blieben lange Zeit gesund; bez. ihrer Vermehrung kamen sie aber denen der Normallösung nicht gleich. Die in Leitungswasser mit kohlensaurem Kalk nahmen eine gelbgrüne Färbung an, vermehrten sich reichlich und entwickelten ganz besonders lange Wurzeln. Die Pflanzen in destilliertem Wasser waren nach 5 Wochen noch gesund, doch wurden sie später auch von Pilzen und Algen heimgesucht und gingen zu Grunde. Die Versuche führte ich wiederholt im Frühjahr aus, die Resultate blieben dieselben. In destilliertem Wasser gewachsene gesunde

[1]) Pringsheims Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik. Bd. V. pag. 181.
[2]) Botanische Zeitung. 1888. Seite 105.
[3]) Inaug.-Dissert. Marburg 1889.

Exemplare zeigten meist nach 8—14 Tagen in der Wurzel, bez. in der Wurzelhaube in Auflösung begriffene Bündel, welche nach 4—5 Wochen oft vollständig verschwunden waren. Im Thallus dagegen fand ich nur selten Bündel, welche den in Lösung begriffenen der Wurzel ähnelten; deutlich war die Wirkung hier nie zu erkennen Zur Untersuchung der Lemna entfernte ich das Chlorophyll mit Hülfe von Alkohol und machte den Thallus mit concentrierter Chloralhydratlösung durchsichtig. Die Normalpflänzchen enthielten in der Wurzel und ganz besonders in der Wurzelhaube sehr viele Raphiden. Die in Nährlösung mit 10 : 1000 Calciumnitrat gezogenen Exemplare zeigten in den meisten Raphidenzellen noch eine Ablagerung von sehr kleinen, scheinbar prismatischen Krystallen. Dasselbe fand ich in geringerem Grade bei den mit 6 : 1000 Calciumnitrat gezogenen Pflanzen. Eine Vermehrung der Bündel war bei beiden Reihen nicht zu verzeichnen, wie Zählungen zeigten, welche ich mit Hülfe eines in halbe □ mm. geteilten Deckgläschens im polarisierten Licht sowohl hier, wie bei Pflänzchen anderer Culturversuche ausführte; speciell war auch bei Lemna in destilliertem Wasser keine Abnahme des Bündels zu constatieren. Gewisse Schwankungen in der Anzahl der Bündel traten in sämmtlichen Lösungen auf; auch war die Grösse der Bündel in jedem Thallus eine variierende. — Bei dem Kalkcarbonat-Versuch fand ich neben Raphiden die Kryställchen hauptsächlich in den Wurzeln.

Die analogen Versuche führte ich mit Impatieus aus, zuerst mit ganz jungen Keimpflanzen, diese wuchsen aber in den kalkfreien Nährlösungen, bez. in destilliertem Wasser garnicht, weshalb ich zu weiteren Beobachtungen solche Pflanzen wählte, welche bereits 1 oder 2 Laubblattpaare entwickelt hatten. Von jedem Exemplar wurde die Länge des Stengels und die Breite und Länge der Blätter vor dem Einsetzen in die Nährlösung gemessen. Auch hier versagten die kalkfrei, wie kalk- und stickstofffrei gezogenen Pflanzen sehr bald; die Wurzeln starben ab und die Laubblätter vertrockneten. Lösungserscheinungen konnte ich nicht feststellen.

Die Pflanzen in destilliertem Wasser hielten etwas länger Stand; es bildeten sich kleine neue Blättchen und mitunter Seitensprosse von einigen Millimeter Länge. Nach 4 Wochen

starben auch hier die Wurzeln ab und die grossen älteren Laubblätter waren vertrocknet. Die neu gebildeten Blättchen enthielten zahlreiche kleine Raphidenbündel, welche jedenfalls aus den im Zellsaft gelösten Kalksalzen gebildet wurden. In Auflösung begriffene Raphiden waren weder im Stengel, noch in den älteren Blättern zu finden. Da bei Querschnitten die Raphidenzellen und Bündel meist verletzt werden und es dann unmöglich ist, zu beurteilen, ob die Bündel von lösenden Medien angegriffen sind, entfernte ich die äusseren Zellschichten vom Stengel, welche die meisten Raphiden enthalten und untersuchte diese Schichten nach dem Durchsichtigmachen mit Chloralhydratlösung.

Die Impatiens der an Calciumnitrat, bez. Carbonat reichen Nährflüssigkeiten wuchsen anfangs normal weiter; die Blätter der nitratreichen Lösungen hatten eine schön dunkelgrüne Farbe, die des Kalkcarbonat-Wassers eine gelbgrüne Farbe. Letzere entwickelten sogar normale Früchte, erstere nicht, obwohl sie zur Blüte gelangten. Das Wachstum liess später nach, so dass weder Stengel noch Blätter eine normale Grösse erreichten. Unter dem Mikroskop konnte man hier leicht eine Mehrablagerung von Oxalat constatiren, als in den Normalpflanzen. Die Raphiden waren sehr gross und zahlreich, oft lagen sie dicht nebeneinander in den Blättern. Ausserdem zeigten sich auch hier, wie bei Lemna, kleine Krystalle, meist unregelmässig zerstreut, seltener sehr viele in Krystallzellen. Diese krystallinischen Abscheidungen fanden sich mitunter auch in Normalpflanzen, aber doch ungleich seltener.

Bei den Lemna- und Impatiens-Culturen waren die in kalkfreien Nährlösungen gezogenen Individuen stets sehr schnell abgestorben und meist hatten Pilzwucherungen die Pflanze zerstört.

Deshalb hielt ich es nicht für ausgeschlossen die Pflanze länger zu erhalten, falls ich sie durch irgend ein Mittel, ausser Kalk, widerstandsfähiger machen könnte. Unter anderem wählte ich hierzu Strontiumnitrat und setzte ich dieses in Mengen von 0,5, 1,0 und 1,5 g. einer Nährlösung zu, welche 1,5 Kaliumphosphat, 0,5 Kaliumnitrat und einige Tropfen Eisenchloridlösung im Liter enthielt. Lemna ging in allen 3 Lösungen

schnell zu Grunde. Impatiens zeigte ungefähr dasselbe Verhalten wie in destilliertem Wasser. Die Pflanzen blieben frisch und entwickelten ganz kleine Blätter, doch streckten sich die Internodien nur wenig; in den schwächeren Lösungen bildeten sich hin und wieder ein kleiner Seitenspross. Nach 12 Tagen untersuchte ich die ersten Culturpflanzen, fand aber keine Auflösung, sondern vielmehr eine neue krystallinische Ablagerung und hin und wieder schön ausgebildete, aber nicht grosse Einzelkrystalle. Ganz besonders häufig fand ich diese Abscheidungen neben wenigen Raphiden in den kleinen neugebildeten Blättchen. Auf der angefügten Tafel gebe ich ein Bild von einem Stück der Blattspreite eines solchen jungen Blattes. In etwas grösserer Zahl lagen Raphidenbündel an der Spitze des Blattes. — Das Nächstliegende war diese Abscheidungen für ein Strontiumsalz zu halten und diese Vermutung erwies sich auch als richtig.

Zur Feststellung veraschte ich Blätter und Stengelteile einiger Pflanzen, nachdem der untere Stengelteil und die Wurzeln entfernt waren. Die ganze Pflanze spülte ich vor dem Veraschen noch sorgfältig mit destilliertem Wasser ab. In der Asche konnte ich das Strontium sehr schön durch die Rotfärbung der nicht leuchtenden Flamme erkennen. Ferner gelang es mir das Strontium nach den Regeln der qualitativen Analyse als solches zu charakterisieren und endlich war es spectral analytisch nachzuweisen. Noch war festzustellen, welche Säure an der Salzbildung Teil genommen hat; ich liess Essigsäure, Salzsäure und Schwefelsäure auf das Salz in den Zellen einwirken. Salzsäure bewirkte sehr bald eine Lösung, Essigsäure wirkte garnicht ein, Schwefelsäure zersetzte die Krystalle sofort, doch traten an deren Stelle nicht die charakteristischen Gypsnadeln auf. Nach und nach bildeten sich allerdings ähnlich krystallisierende Gebilde, welche aber nie so lang und spitz, auch nicht so scharf abgegrenzt waren wie Gypsnadeln. Meist wurden die Krystalle von der Schwefelsäure in scheinbar körnige Aggregate umgewandelt, welche keine Krystallform annahmen.

Alle angeführten Reaktionen sprachen dafür, dass das vorliegende Salz aus Strontiumoxalat besteht; daher liess ich die genannten Säuren auf solches künstlich dargestelltes Oxalat einwirken und ich erhielt dieselben Reaktionen.

Sehr lange konnte ich die Pflanzen auch nicht in den Strontiumnährlösungen erhalten. nach 4 Wochen begannen sie auch abzusterben; in der schwächsten Lösung blieben sie am längsten lebensfähig. Immerhin war es interessant, dass die Pflanze das fehlende Calcium durch das verwandte Strontium zu ersetzen suchte. Die grösste beobachtete Streckung des Stengels betrug 2 ctm. Das Resultat veranlasste mich zu untersuchen, ob auch andere Pflanzen unter gegebenen Bedingungen Strontium ablagern und wählte ich die Feuerbohne zur Cultur mit einem Gehalt der Nährlösung von 0,5 g. Strontiumnitrat im Liter.

Junge Keimpflanzen stellten sofort das Wachstum ein, während ältere, bis dahin in Normallösung gezogene Pflanzen mit einem Laubblattpaar und einem circa 25 ctm. langen Stengel fortwuchsen, wenn auch langsamer als die Normalpflanzen. Nach 2—3 Wochen konnte ich im Stengel Strontiumoxalat nachweisen. Leider wurden aber die Culturen in den heissen Tagen am Ende des Juni so furchtbar von Blattläusen befallen, dass sowohl Normal- wie Strontiumpflanzen zu Grunde gingen. Bis dahin konnte ich an den gut entwickelten Versuchsobjecten noch keine Krankheitserscheinungen beobachten.

Meine Versuche bestätigen die von Kraus erhaltenen Resultate auch bei allen von mir untersuchten Gewächsen vollständig und dürfen wir daher wohl annehmen, dass überall, wo Kalkoxalat in ähnlicher Weise wie bei unseren Bäumen und Sträuchern abgelagert wird, eine Wiederauflösung in der Wachstumperiode eintritt und dass bei Beginn der Reservestoffablagerungen eine Neuabscheidung des Oxalats stattfindet, welche ebenfalls wie die Auflösung allmählich vor sich geht. — Ueberblicken wir die in den aufgeführten Tabellen enthaltenen Resultate, um einen Schluss auf die Menge des in Lösung gehenden Oxalats zu ziehen, so müssen wir noch erwägen, dass die Zahlen uns nie oder nur zufällig einmal das wirkliche Maximum der Lösung angeben. Denn es ist doch sehr unwahr-

scheinlich, dass das Material gerade zu dem Zeitpunkt eingesammelt wurde, als die Lösung ihren Höhepunkt erreicht hatte. In Wirklichkeit wird also die Auflösung des Oxalats noch bedeutender sein, als ich durch die Analysen nachweisen konnte.

Es wäre nun noch zu entscheiden, ob das Oxalat als solches gelöst und transportiert wird, wie es Kohl und Schimper bei den Laubblättern annahmen oder ob es bei bez. bald nach der Lösung eine Zersetzung erleidet. Die letzte Auffassung hat mehr Wahrscheinlichkeit für sich, denn es ist nicht anzunehmen, dass die Auflösung durch den Saftstrom geschieht, um das Salz an einer anderen Stelle abzulagern. Das Oxalat wäre in diesem Falle ein nutzloses Sekret und die Pflanze würde dafür sorgen, dass dieses an seinem Ablagerungsorte liegen bleibt. Vielmehr nehme ich an, dass die Pflanze die Bestandteile des Oxalats wieder verwertet. Bei den Dunkelversuchen konnte ich übrigens den Beweis liefern, dass das Oxalat hier nicht, oder nur zum geringen Teil als solches verwendet wird, also bald nach der Lösung eine Zersetzung erleidet. Ich bestimmte bei einer Rumex-Kiescultur in den ausgetriebenen Teilen den Oxalatgehalt und fand, dass derselbe geringer war, als der Verlust der Wurzel an diesem Salz. Noch auffälliger war dasselbe Resultat bei zwei in destilliertem Wasser getriebenen Populuszweigen. Bei Beiden fand ich, dass die bei Weitem grösste Kalkmenge nicht in Form von Oxalat in den ausgetriebenen Teilen enthalten war. Der Gesammtgehalt an Kalk entsprach aber ungefähr dem entsprechender natürlich gewachsener Teile. Die Zahlen waren folgende:

	Kalk als Oxalat		Andere Kalksalze		Summa
Normale Blätter mit Blattstielen und kurzen ausgetriebenen Stengelteilen	0,984 %	+	1,257 %	=	2,241 %
In destilliertem Wasser ausgetriebene ebensolche Theile im Durchschnitt	0,200 %	+	1,680 %	=	1,880 %

Der Verlust der Versuchszweige an Oxalat betrug im Durchschnitt 23,5 %, hiervon konnten in den Blättern etc. aber nur 1,5 % als Oxalat nachgewiesen werden, die übrigen 22 % hat also die

Pflanze zerlegt. Die Bedingungen waren hier anormal, aber doch glaube ich schliessen zu dürfen, dass sich ähnliche Verhältnisse unter normalen Bedingungen finden, dass also die Pflanze, wie hier, das Oxalat zerlegt und die Oxalsäure sowohl, wie den Kalk wieder in den Stoffwechsel zieht. Die Oxalsäure erleidet dabei eine tiefer greifende Zersetzung, während der Kalk an andere Säuren gebunden wird.

Nach alledem müssen wir eine nicht unbedeutende Beweglichkeit des Oxalats zugeben, wenn wir auch nicht von einer Wanderung des Salzes als solches, wenigstens in den hier in Betracht kommenden Pflanzenteilen, sprechen können.

Für die Raphidenbündel nehme ich eine ähnliche Beweglichkeit nicht an, denn abgesehen von dem einen Fall der beobachteten Auflösung einiger Bündel in der Orchisknolle, sind unter normalen Verhältnissen bis jetzt keine Lösungserscheinungen bekannt.

Die anderen Beobachtungen sprechen auch nicht für eine Lösung in grösserem Umfange. Doch müssen wir zugeben, dass eine Lösung eintreten kann.

Es scheinen die Raphiden, wie Stahl[1]) durch Versuche bei verschiedenen Pflanzen nachwies, ein Schutzmittel der Pflanzen gegen Tiere zu bilden, so dass auch sie eine biologische Bedeutung besitzen.

---

[1]) Jenaer Zeitschrift f. Naturwissenschaft und Medicin. 1888. Bd. XXII. pag. 557.

Lebenslauf.

Ich, Richard Otto Walter Rabenhorst, wurde am 29. Januar 1869 in Cottbus als Sohn des Apothekers Ludwig Rabenhorst und seiner Ehefrau Marie geb. Leo geboren und empfing die lutherische Taufe. Den Schulunterricht genoss ich auf dem Gymnasium zu Cottbus und später auf dem Gymnasium zum heiligen Kreuz zu Dresden, welches ich im März 1886 mit dem Zeugnis der Reife für Obersekunda verliess. Ich wandte mich der Pharmacie zu und absolvierte in den Jahren 1886—1892 die vorgeschriebene Lehr- und Konditionszeit. Im Frühjahr 1892 bezog ich die Universität Marburg, wo ich am 2. November 1893 die pharmaceutische Staatsprüfung bestand. Dann widmete ich mich in Marburg bis Frühjahr 1894 weiteren wissenschaftlichen Studien. Nachdem ich von October 1894 bis October 1895 meiner Militärpflicht in Dresden genügt hatte, bezog ich im Frühjahr 1896 die Universität Erlangen.

Ich hörte während meiner Studienzeit die Vorlesungen, bez. besuchte die Praktika der Herren Professoren Geheimrat *E. Schmidt,* Geheimrat *Melde, A. Meyer, Fränkel, Kohl, Reess, Lenk, Hauser, Fleischmann* und der Herren Privatdocenten *Dr. Partheil* und *Dr. Blankenhorn.*

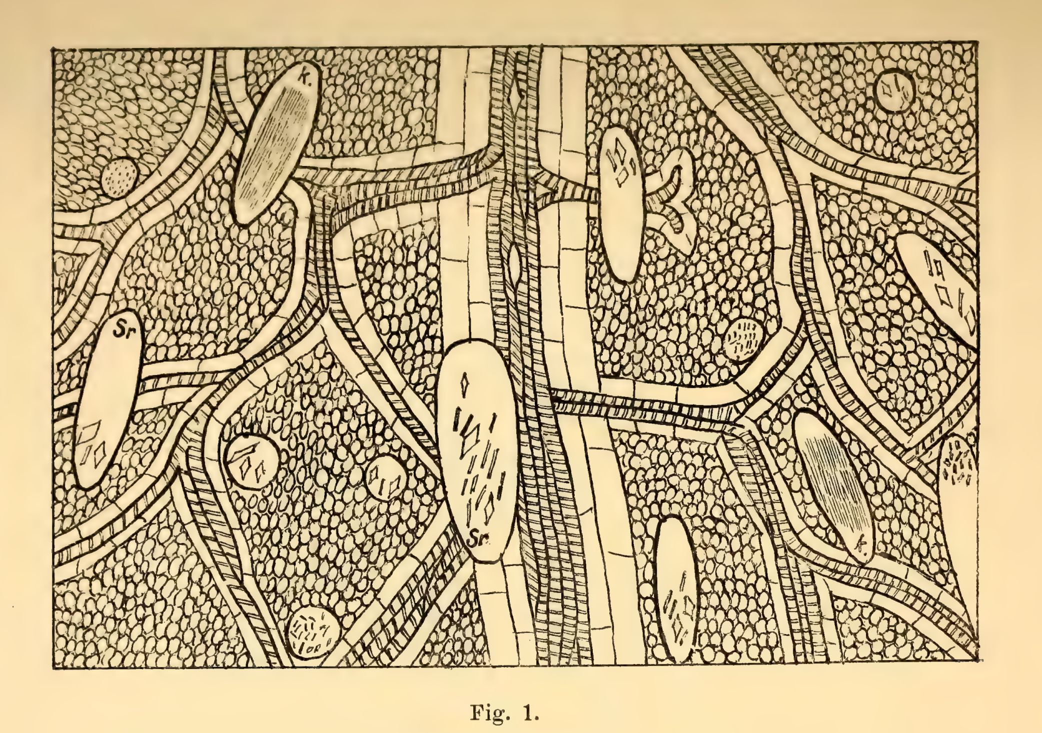


Fig. 1.

Impatiens parviflora.

Ein Teil der Blattspreite 350 fach vergr.

K = Raphiden aus Kalkoxalat. Sr = Strontiumoxalat.

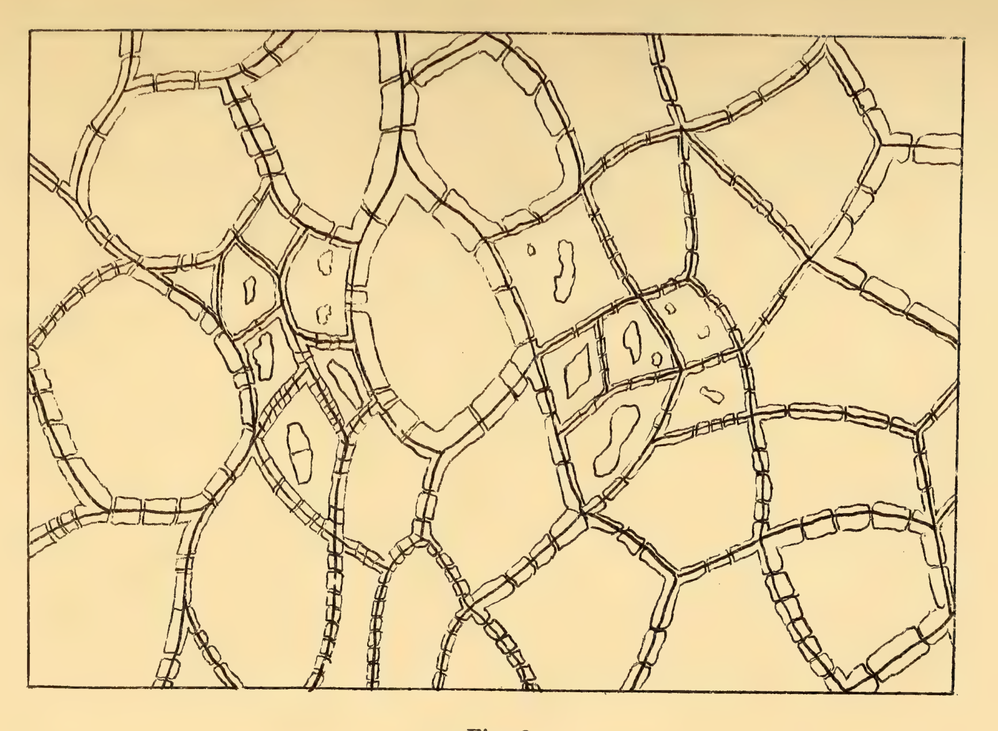
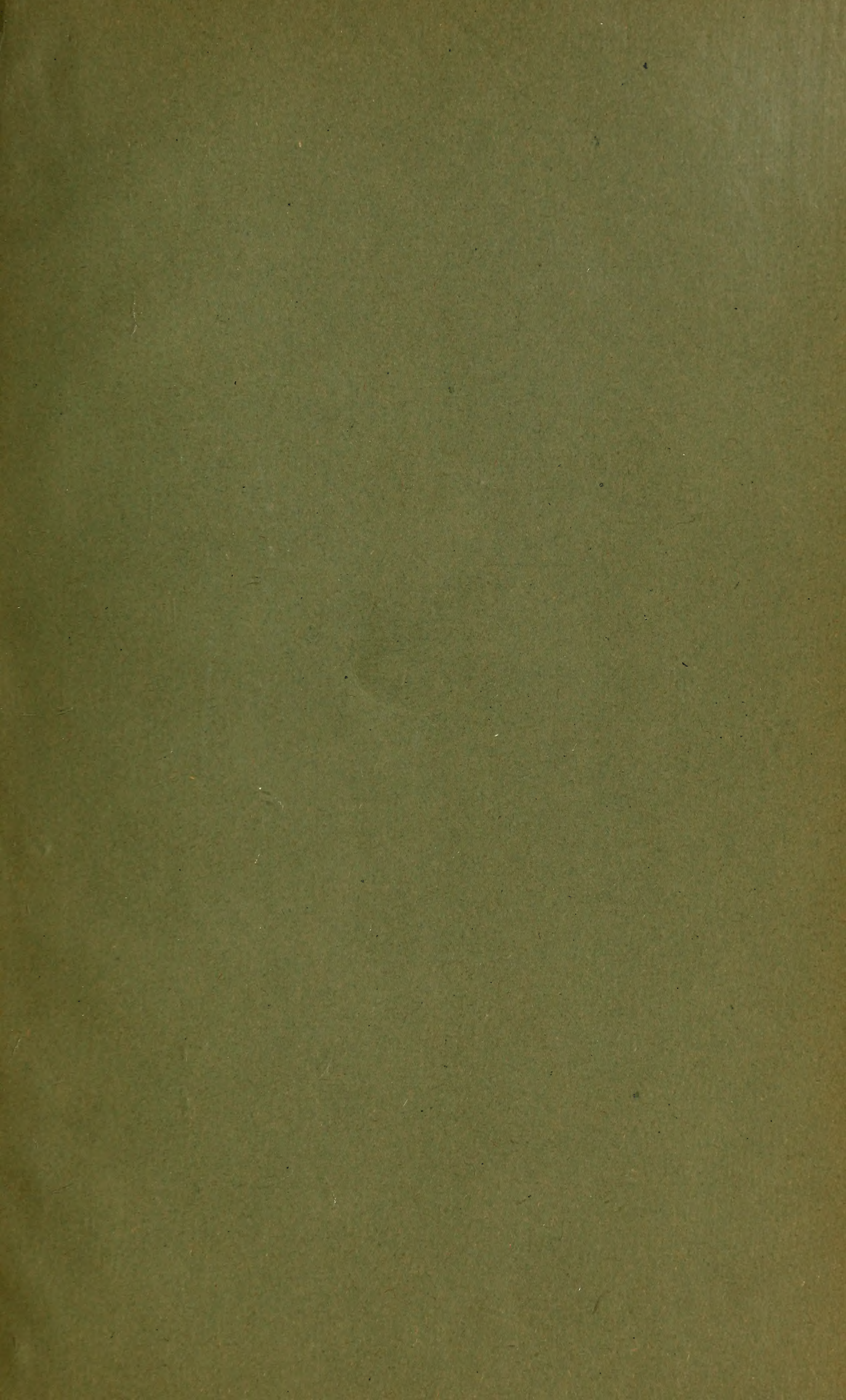


Fig. 2.

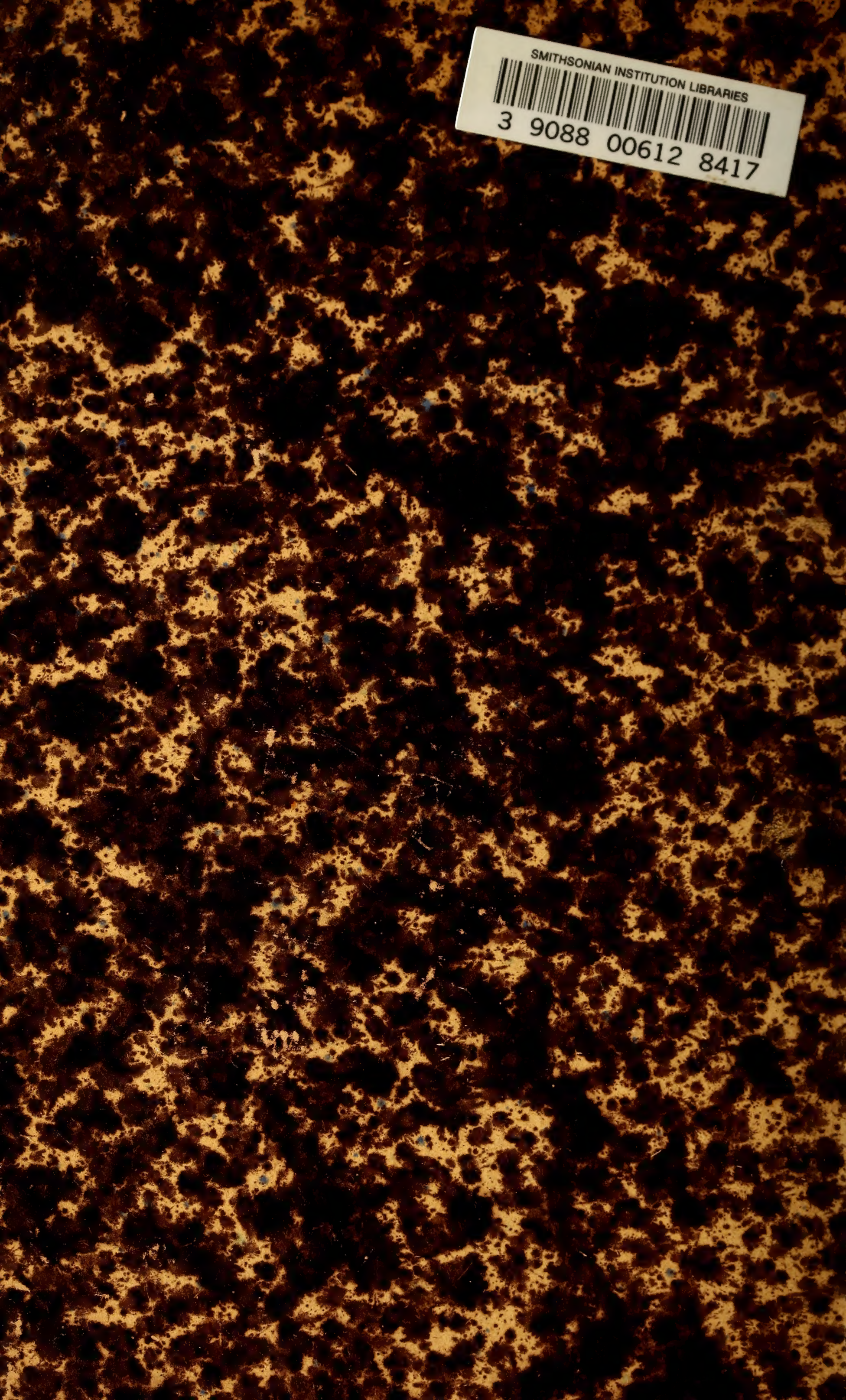
Mark von Amorpha fruticosa mit korrodierten Krystallen.











SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 00612 8417